पढ़ें और सीखें योजना

सौर ऊर्जा और उसके उपयोग

हरि प्रकाश गर्ग

जय प्रकाश

विभागीय सहयोग

राम दुलार शुक्ल

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्

NATIONAL COUNCIL OF EDUCATIONAL RESEARCH AND TRAINING

जनवरी *2000*
माघ *1921*
PD 5T RA

प्रकाशन सहयोग

पूरन चन्द *प्रोफेसर एवं अध्यक्ष,* प्रकाशन प्रभाग

शर्मा दत्त *संपादक* — डी. साई प्रसाद *उत्पादन अधिकारी*

रेखा अग्रवाल *सहायक संपादक* — प्रमोद रावत *सहायक उत्पादन अधिकारी*

राजेन्द्र चौहान *उत्पादन सहायक*

आवरण : वीना कुमार

एन.सी.ई.आर.टी. के प्रकाशन प्रभाग के कार्यालय

एन.सी.ई.आर.टी. कैम्पस	108, 100 फीट रोड, होस्डेकेरे	नवजीवन ट्रस्ट भवन	सी.डब्ल्यू.सी. कैम्पस
श्री अरविंद मार्ग	हेली एक्सटेंशन, बनाशंकरी III इस्टेज	डाकघर नवजीवन	32, बी.टी. रोड, सुखचर
नई दिल्ली 110016	बैंगलूर 560085	अहमदाबाद 380014	24 परगना 743179

मूल्य:33.00

प्रकाशन प्रभाग में सचिव, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद, श्री अरविंद मार्ग, नई दिल्ली 110016 द्वारा प्रकाशित एवं वर्मा टाइपिंग सैन्टर, 36 अधचिनी, श्री अरविंद मार्ग, नई दिल्ली 110017 द्वारा टाइपसैट होकर तथा एस. पी. ए. प्रिन्टर्स (प्रा.) लि. बी-17/3, ओखला इन्डस्ट्रियल एरिया फेस II, नई दिल्ली 110020

प्राक्कथन

विद्यालय शिक्षा के सभी स्तरों के लिए अच्छे शिक्षाक्रम, पाठ्यक्रमों और पाठ्यपुस्तकों के निर्माण की दिशा में हमारी परिषद् पिछले तीन दशकों से कार्य कर रही है। हमारे कार्य का प्रभाव भारत के सभी राज्यों और संघ शासित प्रदेशों में प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से दृष्टिगत होता है और इस पर परिषद् के कार्यकर्ता संतोष का अनुभव कर सकते हैं।

हमने देखा है कि अच्छे पाठ्यक्रम और अच्छी पाठ्यपुस्तकों के बावजूद हमारे विद्यार्थियों की रुचि प्राय: स्वत: पढ़ने की ओर अधिक नहीं बढ़ती। इसका एक मुख्य कारण अवश्य ही हमारी परीक्षा प्रणाली है, जिसमें पाठ्यपुस्तकों में दिए गए ज्ञान की ही परीक्षा ली जाती है। इस कारण बहुत ही कम विद्यालयों में विद्यार्थियों को कोर्स से बाहर की पुस्तकें पढ़ने के लिए प्रोत्साहित किया जाता है। लेकिन अतिरिक्त पठन में बच्चों की रुचि न होने का एक बड़ा कारण यह भी है कि विभिन्न आयु वर्ग के बालकों के लिए कम मूल्य की अच्छी पुस्तकें पर्याप्त संख्या में उपलब्ध भी नहीं हैं। यद्यपि पिछले कुछ वर्षों में इस कमी को पूरा करने के लिए कुछ काम प्रारंभ हुआ है पर वह बहुत ही अपर्याप्त है।

इस दृष्टि से परिषद् ने बच्चों की पुस्तकों के रूप में लेखन की दिशा में एक महत्वाकांक्षी योजना प्रारंभ की है। इसके अंतर्गत "पढ़ें और सीखें" शीर्षक से एक पुस्तकमाला तैयार की जा रही है जिसमें विभिन्न आयु वर्ग के बच्चों के लिए सरल भाषा और रोचक शैली में अनेक विषयों पर बड़ी संख्या में पुस्तकें तैयार की जा रही हैं। परिषद् इस शीर्षक के अन्तर्गत ही शिशुओं के लिए पुस्तकें, कथा साहित्य, जीवनियाँ, देश-विदेश परिचय, सांस्कृतिक विषय, सामाजिक विज्ञान विषयों तथा वैज्ञानिक विषयों में अनेकानेक पुस्तकें निर्मित करती आ रही है। हम आशा करते हैं कि बहुत शीघ्र ही हिन्दी में हम वैज्ञानिक विषयों पर 50 से भी अधिक पुस्तकें प्रकाशित कर सकेंगे।

वैज्ञानिक पुस्तकों के निर्माण में हम देश के जाने-माने वैज्ञानिकों एवं अनुभवी, सुयोग्य प्राध्यापकों का सहयोग ले रहे हैं। प्रत्येक पुस्तक के प्रारूप पर भाषा, शैली और विषय-विवेचन की दृष्टि से सामूहिक विचार करके उसे अंतिम रूप दिया जाता है।

परिषद् इस माला की पुस्तकों को लागत मूल्य पर ही प्रकाशित कर रही है ताकि ये देश के हर कोने में पहुँच सकें। भविष्य में इन पुस्तकों को अन्य भारतीय भाषाओं में अनुवाद कराने की भी योजना है।

हम आशा करते हैं कि शिक्षाक्रम, पाठ्यक्रम और पाठ्यपुस्तकों के क्षेत्र में किए गए कार्यों की भाँति ही परिषद् की इस योजना का भी व्यापक स्वागत होगा।

प्रस्तुत पुस्तक "सौर ऊर्जा और उसके उपयोग" के लेखन के लिए प्रो. हरि प्रकाश गर्ग और डा. जय प्रकाश ने हमारा निमंत्रण स्वीकार किया, जिसके लिए हम उनके अत्यंत आभारी हैं। जिन-जिन विद्वानों, अध्यापकों और कलाकारों से इस पुस्तक को अंतिम रूप देने में हमें सहयोग मिला है, उनके प्रति मैं कृतज्ञता ज्ञापित करता हूँ।

"पढ़े और सीखें" पुस्तक माला की इस योजना में विज्ञान की पुस्तकों के लेखन का मार्गदर्शन, दिल्ली विश्वविद्यालय तथा प्रयाग विश्वविद्यालय के भूतपूर्व कुलपति और राजस्थान विश्वविद्यालय के वर्तमान प्रोफेसर-एमेरिटस प्रो. रामचरण मेहरोत्रा कर रहे हैं। विज्ञान की पुस्तकों के लेखन के संयोजन और अंतिम संपादन आदि का दायित्व हमारे विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग के अध्यक्ष प्रो. राम दुलार शुक्ल वहन कर रहे है। सुश्री शोभा लक्ष्मी साहू (जूनियर प्रोजेक्ट फेलो) इस योजना में अपना सहयोग दे रही हैं।

मैं डा. रामचरण मेहरोत्रा और अपने सभी सहयोगियों को हार्दिक धन्यवाद और बधाई देता हूँ।

इन पुस्तकों को इतने अच्छे ढंग से प्रकाशित करने के लिए मैं परिषद् के प्रकाशन प्रभाग के अध्यक्ष और उनके सहयोगियों को हार्दिक धन्यवाद देता हूँ।

इस माला की पुस्तकों पर बच्चों, अध्यापकों और बच्चों के माता-पिता की प्रतिक्रिया का हम स्वागत करेंगे, ताकि इन पुस्तकों को और भी उपयोगी बनाने में हमें सहयोग मिल सके।

जगमोहन सिंह राजपूत

नई दिल्ली

निदेशक

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्

दो शब्द

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् (एन.सी.ई.आर.टी.) की पढ़ें और सीखें योजना के अंतर्गत यह एक छोटा-सा प्रयास है। जब परिषद् के प्रगतिशील निदेशक प्रो. जगमोहन सिंह राजपूत ने मुझे इस दिशा में विज्ञान के विषयों का कार्यभार संभालने के लिए आमंत्रित किया तो अपने वैज्ञानिक मित्रों की अतिव्यस्तता के कारण यह उत्तरदायित्व स्वीकार करने में मुझे संकोच था।

इस दिशा में मेरा प्रयास रहा है कि विज्ञान के विभिन्न विषयों के जाने-माने विद्वानों को इस सराहनीय कार्य के लिए निमंत्रित कर सकूँ। ऐसा मेरा विश्वास है कि खोज और अनुसंधान की आनंदपूर्ण अनुभूतियों वाले वैज्ञानिक ही अपने आनंद की एक झलक बच्चों तक पहुँचा सकते हैं। मैं उनका हृदय से आभारी हूँ कि उन्होंने अंकुरित होने वाली पीढ़ी के लिए अपने बहुमूल्य समय में से कुछ क्षण निकालने का प्रयास किया। बालक राष्ट्र की सबसे बहुमूल्य और महत्त्वपूर्ण निधि है और मेरे लिए यह किंचित आश्चर्य और संतोष की बात है कि हमारे इतने लब्धप्रतिष्ठ और अत्यंत व्यस्त वैज्ञानिक बच्चों के लिए थोड़ा परिश्रम करने के लिए सहर्ष मान गए हैं। मैं सभी वैज्ञानिक मित्रों के लिए हृदय से आभारी हूँ।

इन पुस्तकों की तैयारी में हमारा मुख्य ध्येय रहा है कि विषय ऐसी शैली में प्रस्तुत किया जाए कि बच्चे स्वयं इसकी ओर आकर्षित हों, साथ ही भाषा इतनी सरल हो कि बच्चों को इनके अध्ययन से विज्ञान के गूढ़तम रहस्यों को समझने में कोई कठिनाई न हो। इन पुस्तकों के पढ़ने से उनमें अधिक पढ़ने की रुचि पैदा हो, उनके नैसर्गिक कौतूहल में वृद्धि हो जिससे ऐसे कौतूहल और उसके समाधान के लिए स्वप्रयत्न उनके जीवन का एक अंग बन जाए।

यह योजना परिषद् के वर्तमान निदेशक प्रो. जगमोहन सिंह राजपूत की प्रेरणा से चल रही है। मैं उन्हें इसके लिए बधाई और धन्यवाद देता हूँ।

प्रो. हरि प्रकाश गर्ग तथा डा. जय प्रकाश ने इस पुस्तक को लिखने के लिए मेरा अनुरोध स्वीकार किया जिसके लिए मैं हृदय से आभारी हूँ। परिषद् के विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग के अध्यक्ष प्रो. राम दुलार शुक्ल विज्ञान की पुस्तकों के लेखन से संबंधित योजना के संयोजक एवं संपादक हैं और बहुत परिश्रम और कुशलता से अपना कार्य कर रहे हैं। मैं प्रो. शुक्ल को हृदय से धन्यवाद देता हूँ।

आशा है कि ऐसी पुस्तकों से हमारी नई पीढ़ी की बाल्यकाल ही में वैज्ञानिक मानसिकता का शुभारंभ हो सकेगा और विज्ञान के नवीनतम ज्ञान के साथ ही उन्हें अपने देश की प्रगतियों एवं वैज्ञानिकों के कार्य की झलक मिल सकेगी जिससे उनमें अपने राष्ट्र के प्रति गौरव की भावना का भी सृजन होगा।

रामचरण मेहरोत्रा
अध्यक्ष
पढ़े और सीखें योजना
(विज्ञान)

प्रस्तावना

दैनिक जीवन की किसी भी आवश्यकता को पूरा करने के लिए मनुष्य को ऊर्जा चाहिए। आदि काल में मानव अपनी आवश्यकतायें पूरी करने के लिए केवल अपनी शारीरिक शक्ति पर निर्भर करता था। जब से मनुष्य ने आग का आविष्कार किया उसकी ऊर्जा की आवश्यकता निरंतर बढ़ती ही गई। उसके लिए मानव ने ऊर्जा के विभिन्न स्रोतों का उपयोग किया। औद्योगिक क्रांति एवं IC engine के आविष्कार ने ऊर्जा की खपत को इतना अधिक बढ़ा दिया कि यह प्रतीत होने लगा कि ऊर्जा के प्रचलित स्रोत जैसे– कोयला, तेल, गैस आदि, निकट भविष्य में ही समाप्त हो जायेंगे तथा वह दिन दूर नहीं जब विश्व ऊर्जा संकट के कगार पर खड़ा होगा। इसके अतिरिक्त ऊर्जा की आवश्यकता पूर्ति हेतु, कोयला, तेल, लकड़ी, गोबर, गैस, आदि अत्याधिक मात्रा में जलाने से पर्यावरण में प्रदूषण भी इतना अधिक हो गया है कि मानव का जीना दूभर हो गया है। पर्यावरण पर प्रतिकूल प्रभाव से विभिन्न प्रकार की कठिनाइयां पैदा हो गई हैं। इन कारणों से पिछले कुछ दशकों से विश्व भर में वैज्ञानिक, ऊर्जा के कुछ ऐसे स्रोतों की खोज में लगे हैं जिससे विश्व के प्रत्येक भाग में निरन्तर ऊर्जा उपलब्ध हो सके तथा वह न तो महंगी हो न ही पर्यावरण को हानि पहुँचाये। सौर ऊर्जा एक ऐसी ही ऊर्जा है।

सूर्य, ऊर्जा का प्राथमिक स्रोत है। पृथ्वी पर नाभिकीय ऊर्जा को छोड़कर बाकी सभी ऊर्जा स्रोत सूर्य से ही ऊर्जा प्राप्त करते हैं। सूर्य से पृथ्वी पर पड़ने वाला विकिरण भी ऊर्जा का एक प्रमुख स्रोत है। यद्यपि यह ऊर्जा स्रोत असीमित है तो भी इस के प्रयोग के लिए विकसित संयंत्रों की आवश्यकता होती है।

प्रस्तुत पुस्तक में सरल भाषा में बच्चों के लिए सौर ऊर्जा और उसके उपयोगों की जानकारी दी गई है। पुस्तक को चार अध्यायों में बांटा गया है। पहले अध्याय में सूर्य तथा सौर विकिरण के विषय में वर्णन किया गया है। दूसरे अध्याय में सौर संयंत्र के मुख्य भाग एवं सौर संग्राहक की जानकारी दी गई है। तीसरे अध्याय में सौर ऊष्मीय प्रणाली पर आधारित उपयोगों का वर्णन किया गया है। अन्तिम अध्याय में, सौर ऊर्जा को प्रकाश-वोल्टीय प्रणाली द्वारा सीधे विद्युत ऊर्जा में बदल कर उपयोग में लाने के विषय में जानकारी दी गई है।

इस पुस्तक को लिखने के लिए हम राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् की "पढ़ें और सीखें" योजना की समिति के अध्यक्ष प्रो. रामचरण मेहरोत्रा एवं संयोजक प्रो.राम दुलार शुक्ल के हृदय से आभारी हैं। इन दोनों महानुभावों से हमें प्रेरणा एवं उपयोगी सुझाव समय-समय पर मिलते रहे हैं। हमने इस पुस्तक को लिखने में अनेक पुस्तकों, विज्ञान पत्रिकाओं तथा अनुसंधान पत्रिकाओं से सहायता ली। मुख्य पुस्तकों की सूची को पुस्तक के अन्त में संलग्न किया गया है। हम अपारम्परिक ऊर्जा स्रोत मंत्रालय (Ministry of Renewable Energy Source) के सचिव एवं अन्य कई वैज्ञानिकों के सुझावों के लिए भी आभारी हैं।

हमें आशा है कि यह पुस्तक बच्चों को सौर ऊर्जा जैसे सामयिक विषय पर रोचक जानकारी देगी तथा उनकी इस विषय में अधिक जानने की जिज्ञासा को भी जाग्रत करेगी।

हरि प्रकाश गर्ग

जय प्रकाश

लेखक परिचय

प्रो. हरि प्रकाश गर्ग सौर ऊर्जा उपयोग तथा पुनर्नव्य ऊर्जा के क्षेत्र में अनुसंधान एवं शिक्षण पर पिछले 35 वर्षों से सक्रिय रूप से कार्य कर रहे हैं। आप 1979 से भारतीय औद्योगिक संस्थान के ऊर्जा अध्ययन केन्द्र में प्रोफेसर हैं। आपके 440 से अधिक शोध-पत्र तथा 12 पुस्तकें प्रकाशित हुए हैं तथा आपने 26 विद्यावाचस्पति (डॉक्टोरल) छात्रों का मार्गदर्शन किया है। प्रोफेसर गर्ग ने अनेक अवार्ड प्राप्त किए हैं। अन्तरराष्ट्रीय एवं राष्ट्रीय स्तर पर आपको प्राप्त होने वाले कुछ अवार्डों में प्रमुख हैं : सन् 1996 में रेन (WREN) तथा यूनेस्को (UNESCO) का "पायोनियर इन दि फील्ड ऑफ रिन्युएबल एनर्जी" अवार्ड, बहरीन के अमीर से स्वर्ण पदक तथा वर्ष 1995 का "रिन्युएबल एनर्जी मैन" अवार्ड, सन् 1996 में भारतीय सौर ऊर्जा समिति से पुनर्नव्य ऊर्जा में उत्कृष्ट आजीवन उपलब्धियों के लिए "के. एस. राव, मेमोरियल अवार्ड," सौर ऊर्जा में उत्कृष्ट अनुसंधान के लिए सन् 1997 में "हरिओउम प्रेरित एस. एस. भटनागर अवार्ड, नेशनल इन्स्टीट्यूट ऑफ सोशल वर्क से वर्ष 1996-1997 में पुनर्नव्य ऊर्जा के क्षेत्र में किए गए उत्कृष्ट कार्य के लिए "सूर्या अवार्ड" तथा संयुक्त राज्य अमेरिका के अमेरिकन बायोग्राफिकल इन्स्टीट्यूट ने प्रोफेसर गर्ग को "मैन ऑफ द इयर – 1999" की प्रतिष्ठित उपाधि से सम्मानित किया है।

डा. जय प्रकाश, भौतिकी विभाग, रामजस कालेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, नई दिल्ली में रीडर हैं। आप पिछले 20 वर्षों से भी अधिक समय से सौर ऊर्जा उपयोग के क्षेत्र में सक्रिय रूप से कार्य कर रहे हैं।

गांधी जी का जन्तर

तुम्हें एक जन्तर देता हूं। जब भी तुम्हें सन्देह हो या तुम्हारा अहम् तुम पर हावी होने लगे, तो यह कसौटी आजमाओ :

जो सबसे गरीब और कमजोर आदमी तुमने देखा हो, उसकी शकल याद करो और अपने दिल से पूछो कि जो कदम उठाने का तुम विचार कर रहे हो, वह उस आदमी के लिए कितना उपयोगी होगा। क्या उससे उसे कुछ लाभ पहुंचेगा ? क्या उससे वह अपने ही जीवन और भाग्य पर कुछ काबू रख सकेगा ? यानि क्या उससे उन करोड़ों लोगों को स्वराज्य मिल सकेगा जिनके पेट भूखे हैं और आत्मा अतृप्त है ?

तब तुम देखोगे कि तुम्हारा सन्देह मिट रहा है और अहम् समाप्त होता जा रहा है।

विषय क्रम

सूर्य महिमा

रश्मिमन्तं समुद्यन्तं देवासुरनमस्कृतम्। पूजयस्व विवस्वन्तं भास्करं भुवनेश्वरम् ।। १।।
सर्वदेवात्मको ह्येष तेजस्वी रश्मिभावन:। एष देवासुरगणाँल्लोकान् पाति गभस्तिभि: ।। २।।
एष ब्रह्मा च विष्णुश्च शिव: स्कन्द: प्रजापति:। महेन्द्रो धनद: कालो यम: सोमो ह्यपां पति: ।। ३।।
पितरो वसव: साध्या अश्विनौ मरुतो मनु:। वायुर्वह्नि: प्रजा: प्राण ऋतुकर्ता प्रभाकर: ।। ४।।
आदित्य: सविता सूर्य: खग: पूषा गभस्तिमान्। सुवर्णसदृशो भानुर्हिरण्यरेता दिवाकर: ।। ५।।
हरिदश्व: सहस्रार्चि: सप्तसप्तिर्मरीचिमान्। तिमिरोन्मथन: शम्भुस्त्वष्टा मार्तण्डकोंऽशुमान् ।। ६।।
हिरण्यगर्भ: शिशिरस्तपनोऽहस्करो रवि:। अग्निगर्भोऽदिते: पुत्र: शंख: शिशिरनाशन: ।। ७।।
व्योमनाथस्तमोभेदी ऋग्यजु:सामपारग:। घनवृष्टिरपां मित्रो विन्ध्यवीथीप्लवंगम ।। ८।।
आतपी मण्डली मृत्यु: पिंगल: सर्वतापन:। कविर्विश्वो महातेजा रक्त: सर्वभवोद्भव: ।। ९।।
नक्षत्रग्रहताराणामधिपो विश्वभावन:। तेजसामपि तेजस्वी द्वादशात्मन् नमोऽस्तु ते ।। १०।।

'भगवान् सूर्य अपनी अनन्त किरणों से सुशोभित (रश्मिमान्) हैं। ये नित्य उदय होने वाले (समुद्यन्), देवता और असुरों से नमस्कृत, विवस्वान् नाम से प्रसिद्ध, प्रभा का विस्तार करने वाले (भास्कर) और संसार के स्वामी (भुवनेश्वर) हैं। तुम इनका पूजन करो। सम्पूर्ण देवता इन्हीं के स्वरूप हैं। ये तेज की राशि तथा अपनी किरणों से जगत् को सत्ता एवं स्फूर्ति प्रदान करने वाले हैं। ये ही अपनी रश्मियों का प्रसार करके देवता और असुरों सहित सम्पूर्ण लोकों का पालन करते हैं। ये ही ब्रह्मा, विष्णु, शिव, स्कन्द, प्रजापति, इन्द्र, कुबेर, काल, यम, चन्द्रमा, वरूण, पितर, वसु, साध्य, अश्विनीकुमार, मरुद्गण, मनु, वायु, अग्नि, प्रजा, प्राण, ऋतुओं को प्रकट करने वाले तथा प्रभा के पुन्ज हैं। इन्हीं के नाम आदित्य (अदितिपुत्र), सविता (जगत को उत्पन्न करने वाले), सूर्य (सर्वव्यापक), खग (आकाश में विचरने वाले), पूषा (पोषण करने वाले), गभस्तिमान् (प्रकाशमान), सुवर्णसदृश, भानु (प्रकाशक), हिरण्यरेता (ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के बीज), दिवाकर (रात्रि का अन्धकार दूर करके दिन का प्रकाश फैलाने वाले), हरिदश्व (दिशाओं में व्यापक अथवा हरे रंग के घोड़े वाले), सहस्रार्चि (हजारों किरणों से सुशोभित), सप्तसप्ति (सात घोड़ों वाले), मरीचिमान् (किरणों से सुशोभित), तिमिरोन्मथन (अन्धकार का नाश करने वाले), शम्भु (कल्याण के उद्गम स्थान), त्वष्टा (भक्तों का दु:ख दूर करने वाले), मार्तण्डक (ब्रह्माण्ड को जीवन प्रदान करने वाले), अंशुमान् (किरण धारण करने वाले), हिरण्यगर्भ (ब्रह्मा), शिशिर (स्वभाव से ही सुख देने वाले), तपन (गर्मी पैदा करने वाले), अहस्कर (दिनकर), रवि (सब की स्तुति के पात्र), अग्निगर्भ (अग्नि को गर्भ में धारण करने वाले), अदितिपुत्र, शंख (आनन्दस्वरूप एवं व्यापक), शिशिरनाशन (शीत का नाश करने वाले), व्योमनाथ (आकाश के स्वामी), तमोभेदी (अन्धकार को नष्ट करने वाले), ऋग् यजु: और सामवेद के पारगामी, घनवृष्टि (घनी वृष्टि के कारण), अपां मित्र (जल को उत्पन्न करने वाले), विन्ध्यवीथीप्लवंगम (आकाश में तीव्र वेग से चलने वाले), आतपी (धाम उत्पन्न करने वाले), मण्डली (किरण समूह को धारण करने वाले), मृत्यु (मौत के कारण), पिंगल (भूरे रंगवाले), सर्वतापन (सबको ताप देने वाले), कवि (त्रिकालदर्शी), विश्व (सर्वस्वरूप), महातेजस्वी, रक्त (लाल रंगवाले), सर्वभवोद्भव (सबकी उत्पत्ति के कारण), नक्षत्र, ग्रह और तारों के स्वामी, विश्वभावन (जगत की रक्षा करने वाले), तेजस्वियों में भी अति तेजस्वी तथा द्वादशात्मा (बारह स्वरूपों में अभिव्यक्त) हैं। इन सभी नामों से प्रसिद्ध सूर्य देव! आपको नमस्कार है'।

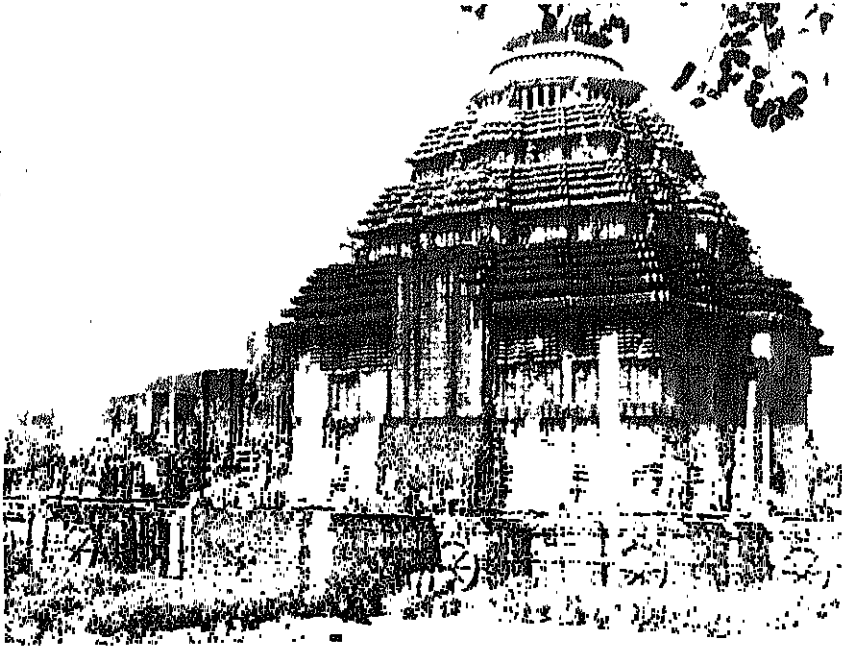
(बाल्मिकी रामायण से ... ...)

1 सूर्य - एक परिचय

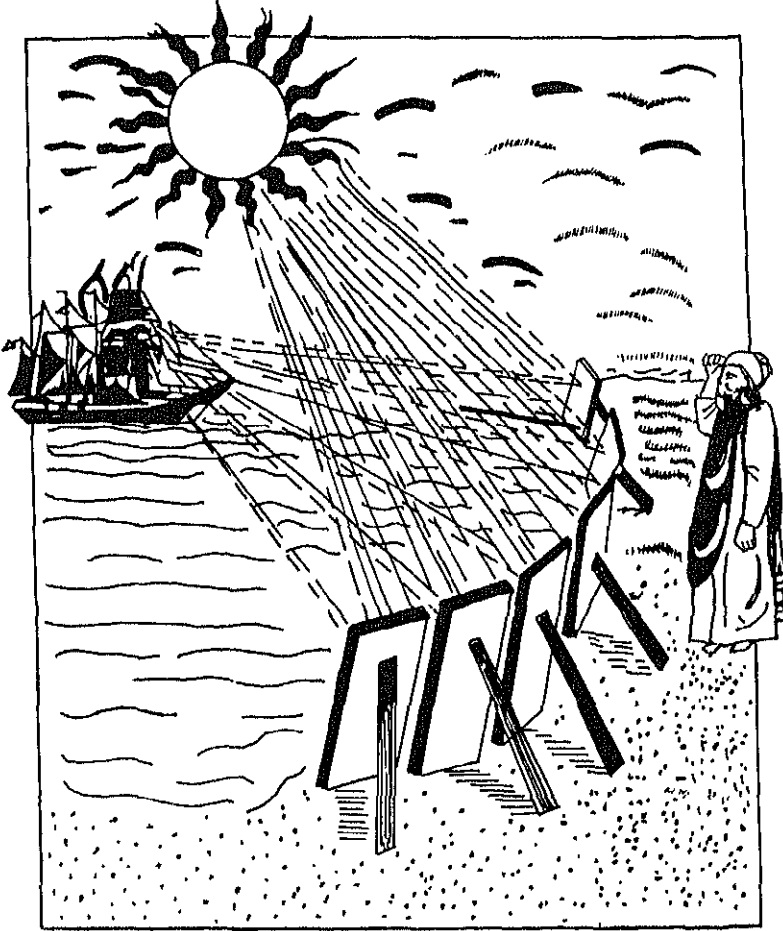
भूमिका

आदि काल से मानव सूर्य की पूजा करता आ रहा है। मानव ने बहुत पहले ही जान लिया था कि सूर्य ही समस्त प्राणियों का सृष्टा है। पृथ्वी पर जीवन का आधार एवं ऊर्जा का मुख्य स्रोत सूर्य ही है। विश्व के प्राचीनतम ग्रन्थों, वेदों में सूर्य को सर्वोच्च प्रकाश देने वाला, देवों का देव, समस्त ऊर्जा का स्रोत, आरोग्यता तथा आयुवर्द्धक कहा गया है। सूर्य से ही पृथ्वी का उद्‌भव हुआ। सूर्य ही अपनी गुरूत्वाकर्षण शक्ति से पृथ्वी को इसकी कक्षा (Orbit) में रखता है। सूर्य हमें गर्मी देता है तथा फसलों का पोषण करता है। हम इसके प्रकाश से देखते हैं तथा मौसम भी सूर्य की ही देन है। नदियों, जंगलों, वायु, लहरों आदि सब का अस्तित्व सूर्य के बिना नहीं हो सकता।

सूर्य लगभग हर सभ्यता एवं धर्मों में पूजा जाता रहा है। सूर्य को मिस्र में रा, यूनान एवं रोम में आपोलो के नाम से पूजा जाता था। पौराणिक कथाओं में सूर्य को महान एवं अति श्रेष्ठ दर्शाया गया है। अधिकतर सूर्य देव को सोने के चक्र से दर्शाया जाता रहा है। सूर्य देव की आराधना के लिए सभी प्राचीन सभ्यताओं में सूर्य मंदिरों की स्थापना की गई। भारत में भी लगभग सभी स्थानों में सूर्य मन्दिर बने हुए हैं। सबसे प्राचीन एवं भव्य सूर्य मन्दिर उड़ीसा में 'कोणार्क' का है (चित्र 1.1)।

सूर्य के साथ बहुत सी कहानियाँ जुड़ी हुई हैं। ऐसी ही एक रैड इंडियन लोक कथा में कहा गया है कि बहुत पहले धरती नहीं थी, केवल अंधकारमय पानी से भरा प्रदेश था।

चित्र **1.1** : कोणार्क (भारत में सूर्य मन्दिर)

वहाँ पर एक आत्मा (Spirit) इस पानी पर मंडराती रहती थी। एक दिन मंडराते-मंडराते वह थक कर पानी में गिर गई। उसके गिरते ही पानी में चक्रवात पैदा हुआ जिसके झाग से धरती बनी, जिस पर वह आत्मा आराम कर सकी। परन्तु अभी भी प्रकाश का कोई साधन नहीं था। कुछ समय बाद उस आत्मा को दूरी पर एक तारा टिम-टिमाता नजर आया तो इस आत्मा ने पृथ्वी पर प्रकाश लाने का निश्चय किया तथा वह इस तारे पर पहुँच गयी। वहाँ पर बहुत सुन्दर लोग रहते थे। इस तारे ने उस आत्मा को सब जगह

जाने की अनुमति दी थी। केवल उस जगह जहाँ पर प्रकाश के स्रोत का रहस्य छिपा था, वहाँ जाना मना था। इस स्थान पर केवल बीमार लोग ही जा सकते थे क्योंकि प्रकाश

चित्र 1.2 : आर्किमिडीज का दुश्मन के जहाजों को जलाने का प्रयोग

में उन्हें ठीक करने की क्षमता थी। एक दिन आत्मा बीमारी के बहाने उस जगह में प्रवेश कर गई। वहाँ पर बहुत-सी टोकरियाँ रखी थीं एवं प्रत्येक में एक-एक सूर्य रखा हुआ था। आत्मा ने वहाँ से एक टोकरी चुरा ली एवं पृथ्वी पर भाग आई। पृथ्वी पर आकर उसने इस टोकरी को आकाश में लटका दिया। परन्तु उसका प्रकाश ठीक से पृथ्वी पर नहीं पड़ रहा था इसलिए अभी तक वह आत्मा सूर्य को आकाश में भिन्न-भिन्न स्थानों पर लटकाती रहती है। ऐसी बहुत सी कहानियाँ लगभग हर समाज में प्रचलित रही हैं।

इन सब पूजा-अर्चना करने वालों के साथ कुछ लोगों ने सूर्य का फायदा उठाने की भी सोची। 448 ईसा पूर्व के यूनान के निवासी अरिस्टोफेन ने अपनी किताब "बादल" में मोम की तख्ती पर लिखी हुई उधारी (borrowed amounts) को सूर्य द्वारा पिघला कर मिटाने का विवरण दिया है। विख्यात वैज्ञानिक आर्किमिडीज ने 214 ईसा पूर्व सूर्य का उपयोग युद्ध में शस्त्र के रूप में किया (चित्र 1.2)। उसने शीशों के द्वारा सूर्य की किरणों को केन्द्रित करके रोमन जहाजों को दूर से ही भस्म कर दिया। बाद में सन् 77 में पलीनी की पुस्तक में रोमनों द्वारा शीशों का उपयोग आग जलाने तथा चिकित्सा के लिए मृत माँस को जलाने का विवरण मिलता है। बाद में कान्सटैन्टीनोपल (Constantinople) के घेराव में भी एक यूनानी निवासी प्रोकलस द्वारा जहाजों के जलाने का विवरण है। इसके बाद सूर्य के उपयोग का विवरण सन् 1615 में कोक्स द्वारा निर्मित पानी निकालने के लिए सौर इंजन का है। सन् 1695 में दो इटली निवासियों ने सफलता पूर्वक एक हीरे को सौर भट्टी में आवर्धक लेन्स (Magnifying glass) के द्वारा जलाकर दिखाया। सन् 1774 में जोसफ प्रिस्टले ने मरक्यूरिक आक्साइड (Mercuric Oxide) को सूर्य द्वारा गर्म करके आक्सीजन (Oxygen) का आविष्कार किया। उसी साल लैविशियर ने फ्रांस में एक बड़ी सौर भट्टी में प्लेटिनम जैसी धातु जिसका गलनांक 2000°C है को पिघला कर दर्शाया। सन् 1872 में उत्तरी चिली में सूर्य द्वारा नमकीन पानी को सौर आसवन द्वारा पीने योग्य पानी में परिवर्तित करने का संयंत्र लगाया गया जिससे प्रतिदिन 5000 गैलन पीने योग्य पानी प्राप्त होता रहा। यह संयंत्र 40 वर्ष तक काम करता रहा। सन् 1876 में बम्बई में 2.5 अश्व शक्ति (Horse Power) का सौर भाप इंजन स्थापित किया गया। सन् 1880 में एक फ्रांसीसी ने सौर

इंजन द्वारा एक मुद्रण प्रेस को चलाया। 1901 के साइन्टिफिक अमेरिकन (Scientific American) जर्नल में 11 अश्व-शक्ति के सौर इंजन का विस्तृत वर्णन है जिससे एक मिनट में 1400 गैलन पानी को निकाला जा सकता था। सन् 1884 में प्रसिद्ध सौर इंजीनियर लैंगलये ने सौर चूल्हा बनाया तथा इसके प्रयोग से माउन्ट विटनी (Mt. Whitney) की चोटी पर खाना पकाया। इस शताब्दी में सौर वैज्ञानिक एबोट ने सूर्य की ऊर्जा का उपयोग प्रसारण के क्षेत्र में भी किया। आजकल सूर्य की ऊर्जा का उपयोग अनेकानेक क्षेत्रों में किया जा रहा है। हम अगले अध्यायों में विभिन्न सौर संयंत्रों एवं प्रणालियों का विवरण पढ़ेंगे फिर भी इससे पहले यह आवश्यक है कि हम सूर्य के बारे में कुछ भौतिक जानकारी प्राप्त कर लें।

सौर मण्डल

हमारे सौर मण्डल में सूर्य इस जगत् का केन्द्र है तथा पृथ्वी एवं अन्य 8 ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते रहते हैं। पृथ्वी से सूर्य की औसत दूरी लगभग 14,95,00,000 किलोमीटर है। सूर्य का व्यास लगभग 13,90,000 किलोमीटर और इसकी सतह का तापमान लगभग 6000°C है। सूर्य पृथ्वी के किसी बिन्दु पर 32° का कोण बनाता है जो बहुत छोटा है। इस कारण सूर्य से पृथ्वी पर पड़ने वाली किरणें समानान्तर मानी जा सकती हैं। सूर्य के मुख्य आँकड़े तालिका 1.1 में दिये गए हैं।

हमारे मन में यह प्रश्न आना स्वाभाविक है कि सूर्य में इतनी ज्यादा ऊर्जा कहाँ से आती है? सूर्य विभिन्न गैसों का एक गर्म गोला है। इसके केन्द्र का तापमान लगभग 15 लाख सेल्सियस (1500000°C) है। मुख्य रूप से सूर्य, हाइड्रोजन से भरा है। अत्याधिक ताप व दबाव के प्रभाव में तापनाभिकीय अभिक्रिया (Thermonuclear reaction) के द्वारा हाइड्रोजन परमाणु, कार्बन व नाइट्रोजन की उपस्थिति में हीलियम तत्व में बदलते रहते हैं। इस प्रक्रिया में कुछ द्रव्य पदार्थ ऊर्जा में बदल जाते हैं। ऐसा अनुमान है कि प्रति सैकण्ड सूर्य के अन्दर लगभग 4×10^9 किलोग्राम हाइड्रोजन, हीलियम में रूपांतरित होता है। इसके फलस्वरूप 39×10^{12} किलोवाट ऊर्जा प्रति सैकण्ड सौर

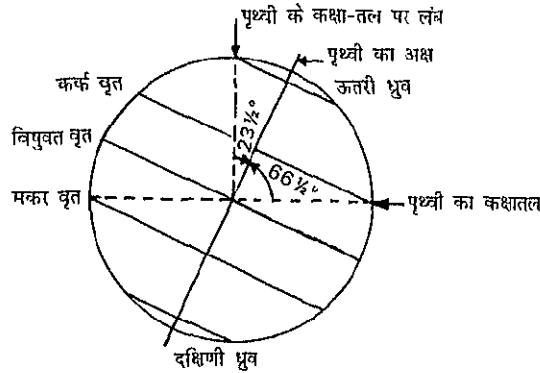
विकिरण के रूप में उत्सर्जित होती है। सूर्य के केन्द्र में होने वाली यह तापनाभिकीय अभिक्रिया लाखों सालों से समान रूप से हो रही है और आने वाले लाखों सालों तक यह ऊर्जा पृथ्वी पर आती रहेगी। इसलिए हम सौर ऊर्जा को अपारम्परिक ऊर्जा (Renewable Energy) की श्रेणी में रखते हैं।

तालिका 1.1

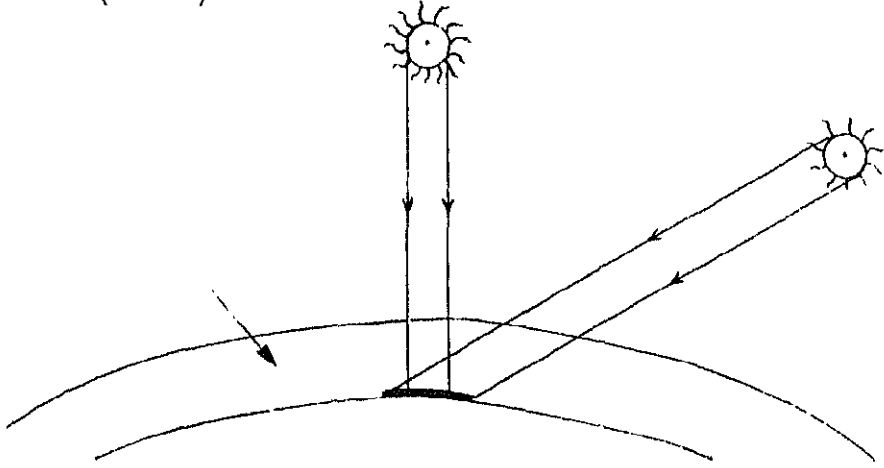
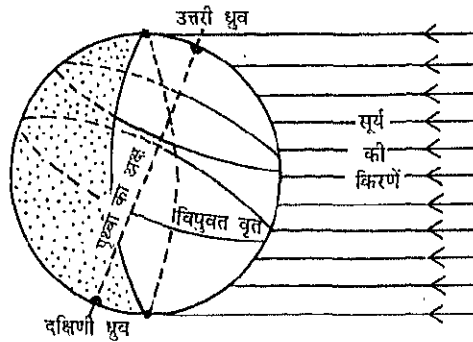
सौर आँकड़ों की तालिका

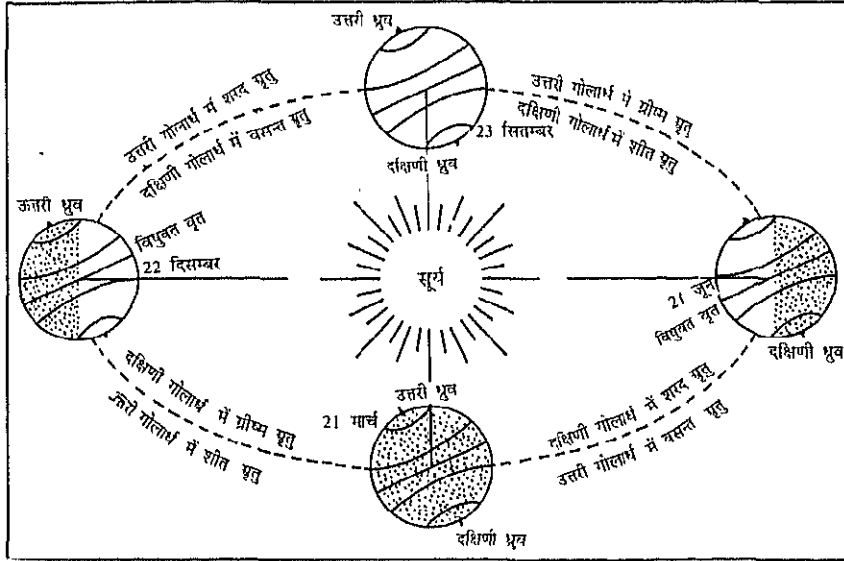
1.	सौर कोन्सटैंट	1,367 वाट/मीटर^2
2.	पृथ्वी से दूरी	1.5 x 10^{11} मीटर
3.	भार	1.989 x 10^{30} किलोग्राम
4.	व्यास	1.39 x 10^9 मीटर
5.	व्यास का पृथ्वी पर आपतित कोण	32' 2.4"
6.	नाभि का तापमान	8-40 x 10^6 कैल्विन
7.	उत्सर्जित ऊर्जा	38 x 10^{15} वाट
8.	सतह का तापमान	5762 कैल्विन
9.	रासायनिक संरचना	
	(क) हाइड्रोजन	75%
	(ख) हीलियम	24.25%
	(ग) अन्य तत्व	0.75%
10.	विगत् आयु	5 x 10^9 वर्ष
11.	बाकी आयु	5 x 10^9 वर्ष

पृथ्वी व सूर्य का सम्बन्ध

पृथ्वी की दो गतियाँ हैं। यह अपने अक्ष पर निरंतर घूमती है और लगभग 24 घंटे में एक चक्कर पूरा करती हैं । पृथ्वी का अक्ष उसके कक्षा-तल पर बने लम्ब से 23.5° झुका हुआ है। इसे पृथ्वी के अक्ष का झुकाव कहते हैं (चित्र 1.3)। पृथ्वी अपने अक्ष पर घूमती हुई लगभग 1,00,000 किलोमीटर प्रति घन्टा की गति से सूर्य की परिक्रमा भी करती है। इस परिक्रमा के समय को एक वर्ष कहते हैं। यह समय 365 दिन और 6 घंटे है। वर्ष में 365 दिन रहने से हर चार साल में एक दिन कम रह जाता है। इस कमी को पूरा करने के लिए हर चौथा साल 366 दिन का होता है जिसे लीप साल कहते हैं। लीप साल में फरवरी के महीने में 28 के बजाय 29 दिन होते हैं।

चित्र 1.3 : पृथ्वी के अक्ष का झुकाव और उसका कक्षा तल

पृथ्वी को प्रकाश और ऊष्मा सूर्य से मिलती है। अपने अक्ष पर घूमते हुए इसका आधा भाग ही सूर्य के सामने रहता है। पृथ्वी का प्रत्येक भाग एक निश्चित अवधि के लिए सूर्य के सामने आता है और बाकी समय सूर्य से ओझल हो जाता है। पृथ्वी का जो भाग सूर्य के सामने होता है उस भाग में दिन तथा ओझल भाग में रात होती है। पृथ्वी के अपने अक्ष पर घूमने से दिन और रात क्रम से आते रहते हैं। क्योंकि पृथ्वी घड़ी के अनुसार पश्चिम से पूर्व की ओर घूमती है इसलिए हमें सूर्य पूर्व से पश्चिम की ओर जाता हुआ प्रतीत

होता है। सूर्योदय और सूर्यास्त के समय सौर किरणें धरातल पर तिरछी पड़ती हैं। दोपहर को सूर्य की किरणें धरातल पर सीधी पड़ती हैं। सीधी किरणें तिरछी किरणों की अपेक्षा वायुमण्डल में कम दूरी तय करती हैं व कम क्षेत्र को गर्म करती हैं इसलिए अधिक गर्म होती हैं (चित्र 1.4)।

चित्र **1.4** : सीधी एवं तिरछी सौर किरणें

चित्र **1.5** : पृथ्वी के अक्ष का झुकाव तथा दिन-रात

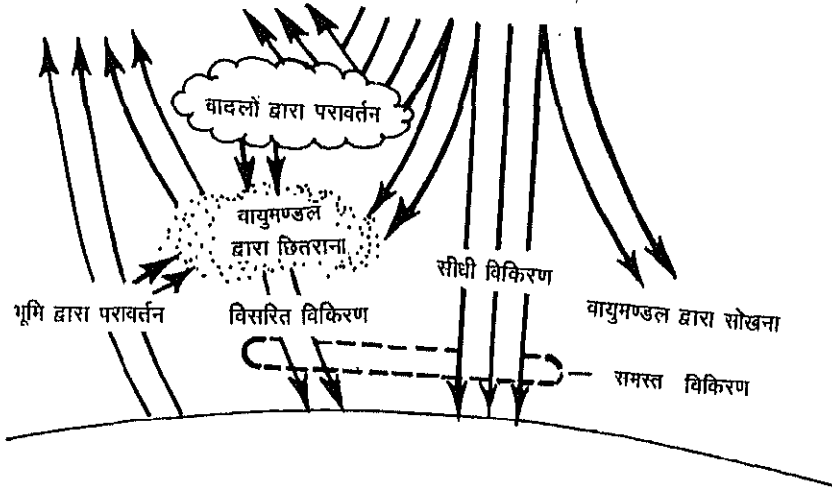
सूर्य के परिक्रमण मार्ग पर पृथ्वी का अक्ष सदैव एक ही ओर को झुका हुआ रहता है (चित्र 1.5)। इसके कारण उत्तरी गोलार्ध 6 महीने सूर्य की ओर झुका रहता है। इस गोलार्ध का प्रत्येक स्थान सूर्य के प्रकाश में अपेक्षाकृत अधिक समय तक रहता है। परिणामस्वरूप यहाँ दिन बड़े होते हैं तथा रातें छोटी होती हैं। इन 6 महीनों में अपेक्षाकृत गर्मी भी अधिक होती है। इसके विपरीत इस अवधि में दक्षिणी गोलार्ध में दिन छोटे एवं रातें बड़ी होती हैं। जब दूसरे 6 महीनों में दक्षिणी गोलार्ध सूर्य की ओर झुका हुआ होता है तो स्थिति ठीक इसके विपरीत होती है यानि इन 6 महीनों में दक्षिणी गोलार्ध में दिन बड़े एवं रातें छोटी होती हैं तथा उत्तरी गोलार्ध में दिन छोटे एवं रातें बड़ी होती हैं।

चित्र **1.6** : पृथ्वी परिक्रमण एवं ऋतुएं

चित्र 1.6 में पृथ्वी का परिक्रमण पथ दर्शाया गया है। इस चित्र में तीन-तीन महीने के अन्तर पर पृथ्वी की चार स्थितियाँ दिखाई गई हैं। पृथ्वी की इन स्थितियों की तिथियाँ लगभग निश्चित हैं। 21 जून की स्थिति में उत्तरी गोलार्ध सूर्य की ओर झुका हुआ है और

इस गोलार्ध का अधिकांश भाग प्रकाशित हो रहा है। सूर्य की किरण विषुवत वृत्त से 23.5° उत्तर में कर्क वृत्त पर सीधी पड़ती हैं अतः इस समय इस भाग में ऊष्मा की प्राप्ति अधिक और उसका ह्रास कम होता है। इसलिये यहाँ ग्रीष्म ऋतु है। इसलिए यहाँ दिन बड़े एवं रातें छोटी होती हैं। इसके विपरीत दक्षिणी गोलार्ध में सूर्य की किरणें तिरछी पड़ती हैं। इसलिए यहाँ दिन छोटे एवं रातें बड़ी होती हैं। दक्षिणी गोलार्ध में इस समय शीत ऋतु होती है। 22 दिसम्बर की स्थिति 21 जून की स्थिति के ठीक विपरीत होती है। इसमें दक्षिणी गोलार्ध सूर्य की ओर झुका हुआ है जबकि उत्तरी गोलार्ध सूर्य से दूर है। अब सूर्य की किरणें विषुवत् वृत्त के दक्षिण में 23.5° अर्थात् मकर वृत्त पर लंबवत् पड़ रही हैं। इसलिए दक्षिणी गोलार्ध में इस समय ग्रीष्म ऋतु तथा उत्तरी गोलार्ध में शीत ऋतु होती है।

21 मार्च और 23 सितम्बर की स्थिति में सूर्य की किरणें विषुवत् वृत्त पर लम्बवत् पड़ती हैं। अतः दोनों गोलार्धों में दिन एवं रात समान अवधि के होते हैं तथा गर्मी भी समान ही पड़ती है। पृथ्वी के धरातल पर उत्तरी ध्रुव से दक्षिणी ध्रुव को मिलाने के लिए कल्पित रेखाओं को रेखांश (Longitude) कहते हैं। ऐसी 360 रेखायें पूरे ग्लोब पर बनाई गई हैं। ऐसी एक रेखा जो इंग्लैण्ड में ग्रीनविच के स्थान से गुजरती है उस का रेखांश 0° माना गया है। ग्रीनविच के पूर्व में रेखांश 0° से 180° पूर्व तथा ग्रीनविच के पश्चिम में रेखांश 0° से 180° पश्चिम कहलाती हैं। वास्तव में किसी स्थान का रेखांश ग्रीनविच से गुजरने वाले त्रिज्य या प्रमुख याम्योत्तर (Prime meridian) एवं उस स्थान के ठीक दक्षिण में अथवा उत्तर में विषुवत रेखा के स्थान से गुजरने वाले त्रिज्य (Meridian) के बीच का कोण है। प्रत्येक देश या क्षेत्र की घड़ियों का समय वहाँ सूर्योदय के समय के साथ जुड़ा होता है। क्योंकि सूर्योदय का समय हर देश में अलग-अलग होता है इसलिए घड़ियों के समय में भी अन्तर होता है। एक देश में भी सूर्योदय के समय में एक स्थान से दूसरे स्थान तक अन्तर होता है। परन्तु आमतौर पर एक देश में एक समय रखने के लिए किसी विषेश स्थान के समय को मानक समय मानते हैं। इसलिए सूर्य समय एवं किसी स्थान के मानक समय में भी अन्तर हो सकता है। मानक समय हम घड़ी से पढ़ते हैं जबकि सूर्य समय हम गणना से निकाल सकते हैं। प्रत्येक रेखांश कोण के बीच में सूर्य समय 15 मिनट का है।

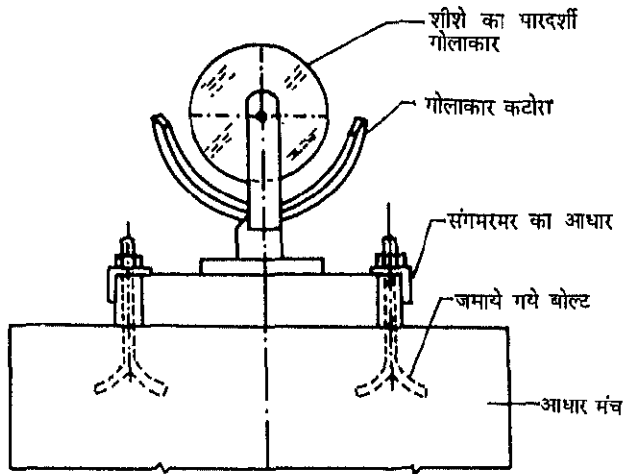
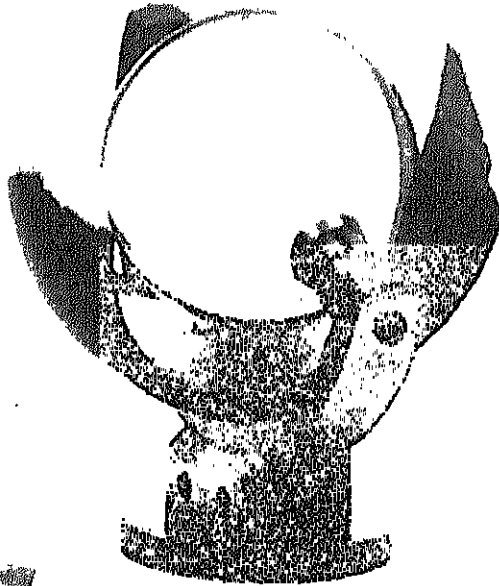
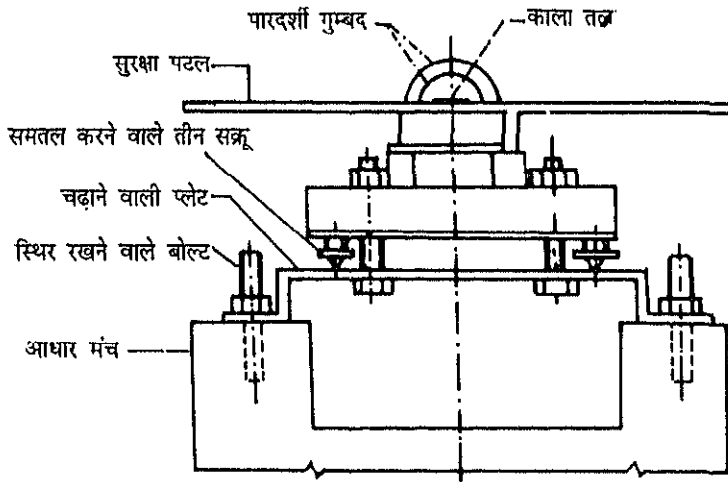
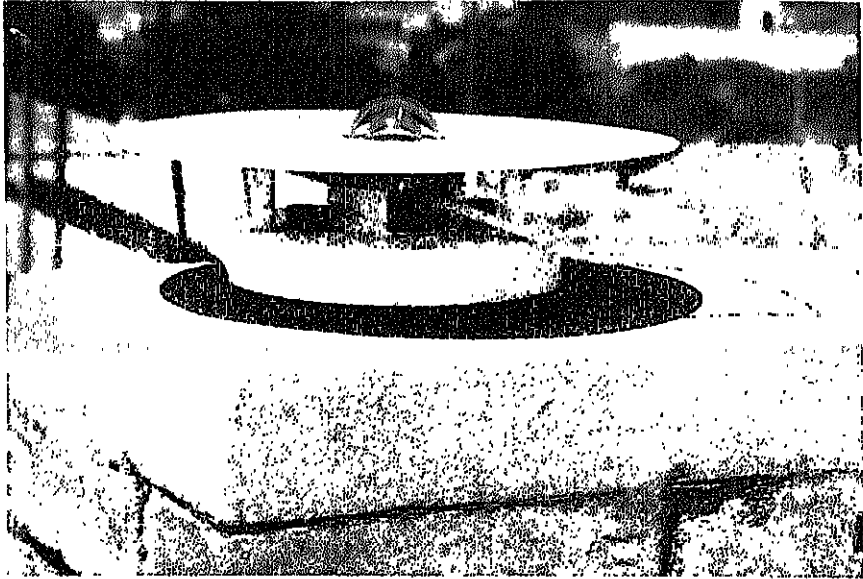
सौर विकिरण

सौर सतह से पृथ्वी पर आने वाली ऊर्जा, सौर विकिरण के रूप में हमें मिलती है। यह विकिरण मुख्यत: पराबैंगनी (0.20-0.4 micron.), रोशनी (0.4-0.8 micron.) एवं तापीय (0.8 - 3.0 micron.) होती है। इन तीनों के अतिरिक्त और भी विकिरण जैसे कि एक्स विकिरण आदि बहुत कम मात्रा में सौर विकिरण में होती है। पृथ्वी के वायु मण्डल के बाहर सूर्य की ऊर्जा सभी स्थानों पर लगभग बराबर रहती है तथा यह 1367 वाट प्रति वर्ग मीटर होती है। इसे सौर कोन्सटेंट (Solar constant) कहते हैं। जब सूर्य की किरणें वायु मण्डल से गुजरती हैं तो उन का कुछ भाग पानी के वाष्प कणों, वायु कणों तथा धूल कणों द्वारा बिखर जाता है। तथा कुछ बादल, पानी के वाष्प, ओजोन, कार्बन डाइऑक्साइड एवं अन्य गैसों के द्वारा सोख लिया जाता है तथा कुछ भाग बादल व बड़े धूल कणों आदि द्वारा परावर्तित हो जाता है। शेष भाग पृथ्वी पर सीधे सौर धूप के रूप में आता है। बिखरी विकिरण भी आकाश के विभिन्न भागों से परावर्तित होकर लम्बी तरंगों के रूप में पुन: पृथ्वी पर आ जाती हैं। इस प्रकार पृथ्वी पर आने वाली सूर्य

चित्र **1.7** : पृथ्वी पर सीधी एवं विसरित सौर विकिरण

विकिरणें दो भागों में बॉटी जा सकती हैं। विकिरण की वह मात्रा जो बिना बिखरे सीधे पृथ्वी तल पर पहुँचती है उसे सीधी विकिरण कहते हैं। दूसरी वह किरणें जो वायु मण्डल में उपस्थित अनेकों पदार्थों द्वारा परावर्तित, बिखर कर व अवशोषित होकर छितराने के बाद पृथ्वी पर पहुॅचती हैं, इन्हें विसरित या छितराई विकिरण कहा जाता है। चित्र 1.7 में सीधी एवं विसरित किरणों को दर्शाया गया है।

किसी भी स्थान पर कुल सीधी एवं विसरित विकिरणों का परिमाण जानना सौर ऊर्जा के उपयोग से पहले बहुत ही आवश्यक है। इसके लिए सबसे पहले उस स्थान की भौगोलिक स्थिति जाननी पड़ेगी तथा हमें उस स्थान के अक्षांश (Latitude), दिक्पाव (Declination), दिगांश (Azimuth angle) आदि के विषय में जानकारी उपलब्ध करनी पड़ेगी। मौसम संबंधी जानकारी की भी आवश्यकता होती है। सौर विकिरण का परिमाण जानने के लिए जो उपकरण प्रयोग में लाये जाते हैं उनमें प्रमुख हैं- सूर्य ज्योति मापक यंत्र, पायरानोमीटर एवं पायरहिलियोमीटर। इन यंत्रों का संक्षिप्त विवरण इस प्रकार है।

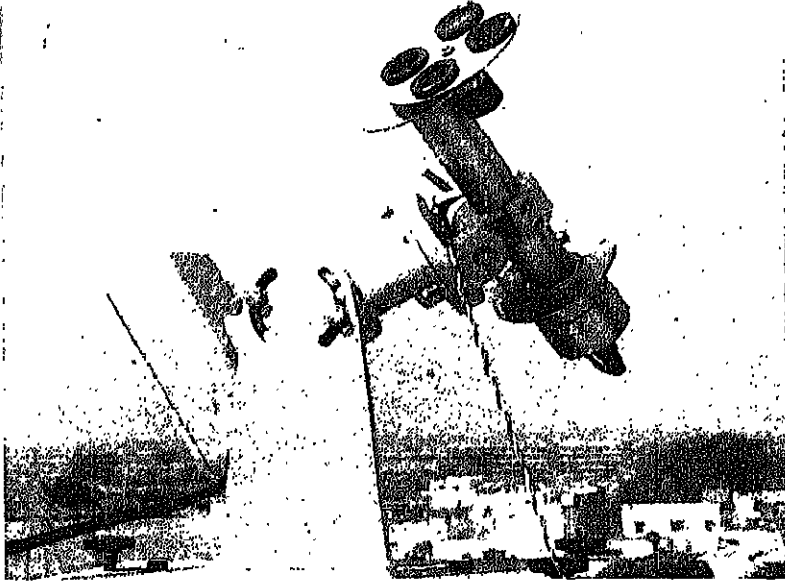
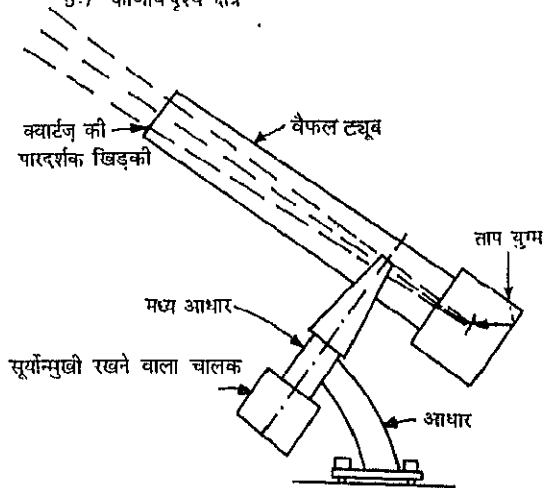
सूर्य ज्योति मापक यंत्र

इस यंत्र से दिन में सूर्य की रोशनी मिलने के कुल घण्टों का पता लगाया जाता है। इस उपकरण में काँच का एक लगभग 10 सेंटीमीटर व्यास का गोला होता है जो सौर किरणों को एक रसायन से पुते कागज की पट्टी पर एकत्रित कर देता है। यह कागज एक कटोरे के गोले को घेरते हुए रखा जाता है। विकिरणें सूर्य की स्थिति के अनुसार कागज पर अलग-अलग स्थानों पर एकत्रित होती हैं। जिस स्थान पर यह एकत्रित किरणें पड़ती हैं वहाँ पर कागज पर जलने का निशान बन जाता है। इस प्रकार सूर्योदय से सूर्यास्त तक कागज की पट्टी पर एक जलने की लकीर सी बन जाती है। इस लकीर की लम्बाई से एक दिन में सूर्य से प्राप्त होने वाली रोशनी के समय (घन्टों) का ज्ञान हो जाता है। सूर्य की रोशनी मिलने के कुल घन्टों से हम सूर्य ऊर्जा का अनुमान भी लगा सकते हैं। इसे चित्र 1.8 में दिखाया गया है।

चित्र 1.8 : सूर्य ज्योति मापक यंत्र

चित्र **1.9** : पायरानोमीटर (Pyranometer)

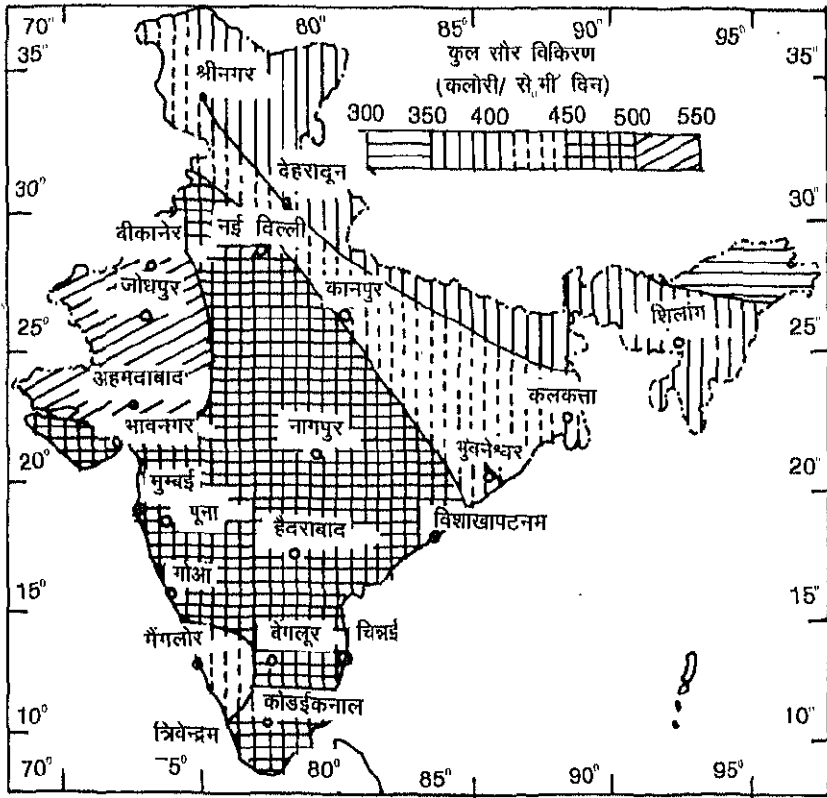
पायरानोमीटर (Pyranometer)

यह संयंत्र कुल सौर विकिरण (सीधी+विसरित) तथा अलग से विसरित सौर विकिरण का मान जानने के लिए प्रयोग में लाया जाता है। इस यंत्र में चाँदी का एक छोटा सा चक्र होता है जिस पर काले रंग की पालिश होती है। चाँदी के चक्र का तापमान एक अच्छे प्रकार के थरमोपाइल (Thermopile) (जो बहुत सारे तापयुग्म से बना होता है) से नापा जाता है। थरमोपाइल (Thermopile) का गर्म हिस्सा (Hot Junction) चक्र को छूता है और ठंडा हिस्सा (Cold Junction) हवा में होता है। काले चक्र में विकिरणें अवशोषित होकर इस भाग को गर्म कर देती हैं। इस कारण तापान्तर हो जाता है जो ई०एम०एफ० (e.m.f.) के रूप में नाप लिया जाता है। इस तापान्तर (या ई०एम०एफ०) का सौर विकिरण के परिमाण से सीधा सम्बन्ध होता है। बाहरी वातावरण के प्रभाव को रोकने के लिए इस यंत्र को काँच के बने दो पारदर्शक अर्ध गोलार्द्धों से ढक कर सील कर दिया जाता है। केवल विसरित सौर विकिरण नापने के लिए चाँदी के काले चक्र पर एक अर्द्ध छल्ले नुमा पट्टी (Shading ring) से छाया कर दी जाती है जिससे इस पर सीधी विकिरण नहीं पड़ती, केवल विसरित विकिरण ही पहुँचती है। इस प्रकार जो तापान्तर पैदा होता है उससे विसरित विकिरणों का परिमाण जाना जा सकता है (चित्र 1.9)।

पायरहीलियोमीटर (Pyrheliometer) या सूर्यविकिरणमापी

यह यंत्र सीधी सौर विकिरण नापने के काम आता है। यह पायरानोमीटर के सिद्धांत पर ही काम करता है। इस में चाँदी का काला चक्र एक लम्बी नली के मुख पर जुड़ा होता है। नली के दूसरे मुख पर एक पारदर्शी काँच की खिड़की होती है। जब इस खिड़की को सूर्य की ओर करते हैं तो केवल सीधी विकिरण ही चाँदी के काल चक्र तक पहुँचती है। इस प्रकार जो तापान्तर होता है उससे सीधी विकिरण का परिमाण जाना जाता है। इस यंत्र पर अलग-अलग रंगों के फिल्टर लगाकर सीधी विकिरणों में विभिन्न रंगों की विकिरणों की मात्रा भी नापी जा सकती है। यह यंत्र चित्र 1.10 में दिखाया गया है।

चित्र **1.10** : पायरहीलियोमीटर (Pyrheliometer) की संरचना

पृथ्वी पर पहुँचने वाली विकिरणों में पराबैंगनी (तरंग लम्बाई 0.4 माइक्रो मीटर से कम), रोशनी (तरंग लम्बाई 0.4 से 0.8 माइक्रो मीटर) तथा तापीय (Infra red) (तरंग लम्बाई 0.8 माइक्रो मीटर से अधिक) का औसतन प्रतिशत क्रमशः 2, 51 एवं 47 होता है।

भारत भौगोलिक दृष्टि से 7^0 N और 37^0 N अक्षांशों के बीच स्थित है तथा कुल क्षेत्रफल 3.297 x 10^6 वर्ग किलोमीटर है। यहाँ पूरे वर्ष में औसतन 300 दिन सूर्य 7 से 8 घण्टे तक चमकता है तथा औसतन इन दिनों में प्रतिदिन 5000 वाट घन्टा प्रति

चित्र 1.11 : भारत वर्ष के सौर विकिरण का मानचित्र

वर्ग मीटर ऊर्जा आती है। इस प्रकार पूरे भारत पर आने वाली ऊर्जा का मान 6×10^{15} किलोवाट घंटा प्रति वर्ष हुआ। यह ऊर्जा सारे विश्व में उपयोग में लाई जाने वाली ऊर्जा से कई गुना अधिक है। भारत वर्ष के विभिन्न क्षेत्रों पर पूरे वर्ष में पड़ने वाली सौर विकिरण को चित्र 1.11 में दर्शाया गया है तथा कुछ मुख्य केन्द्रों में अलग-अलग मासों में पड़ने वाली विकिरण के आँकड़े तालिका 1.2 में दिये गये हैं।

तालिका 1.2

भारत के मुख्य स्थानों पर औसत सौर विकिरण के आंकड़े

(किलोवाट घंटे/मीटर^2 प्रतिदिन)

मुख्य केन्द्र	अहमदाबाद	मुम्बई	कोलकाता	गोआ	जोधपुर	नागपुर	चेन्नई	नई दिल्ली	शिलांग	त्रिवेन्द्रम
जनवरी	489	503	4.22	568	4.71	4.91	5.23	3.98	4.00	5.93
फरवरी	578	575	503	637	5.56	567	6.29	5.00	507	635
मार्च	6.73	644	5.75	6.75	654	631	688	631	563	668
अप्रैल	733	699	6.32	6.92	723	6.78	692	6.93	570	616
मई	761	726	6.52	6.73	754	6.91	653	7.28	5.23	549
जून	638	5.17	496	4.78	7.06	568	582	654	411	525
जुलाई	484	406	4.64	399	5.97	438	540	533	4.25	502
अगस्त	452	397	446	475	554	4.12	557	505	4.21	555
सितम्बर	554	487	447	530	6.10	511	571	5.60	386	594
अक्तूबर	5.77	544	455	561	582	561	5.84	5.35	402	523
नवम्बर	500	507	4.37	561	490	4.86	434	4.52	394	495
दिसम्बर	459	479	409	538	4.43	486	4.27	384	4.14	513
औसत	**5.75**	**5.40**	**4.95**	**5.66**	**5.95**	**5.43**	**5.73**	**5.46**	**4.51**	**5.68**

2 सौर संग्राहक

भूमिका

पिछले अध्याय में हमने पढ़ा कि सौर ऊर्जा असीम है। सूर्य से प्रति सेकण्ड निकलने वाली ऊर्जा का अनुमान इस तथ्य से लगाया जा सकता है कि यह ऊर्जा पृथ्वी की सतह पर एक हजार किलोमीटर मोटी बर्फ की तह को एक घंटे में पिघला कर उबाल सकती है। परन्तु पृथ्वी की सूर्य से दूरी व उसके बहुत छोटे आकार के कारण जो ऊर्जा पृथ्वी तल पर सौर धूप के रूप में आती है, वह सूर्य से निकलने वाली ऊर्जा का केवल दो अरबवां भाग ही है। पृथ्वी पर उपलब्ध सभी ऊर्जा स्रोतों (अणु शक्ति को छोड़कर) का मूल स्रोत सूर्य है। आज विश्व में ऊर्जा की खपत ही विकास का एक मुख्य मापदण्ड बन गया है। आज के युग में जिस देश में ऊर्जा की खपत प्रति व्यक्ति सबसे अधिक होती है, उसी को उन्नत देश की श्रेणी में माना जाता है। उदाहरण के रूप में भारत में ऊर्जा की खपत लगभग 350 किलोवाट/व्यक्ति प्रति वर्ष है जब कि अमेरिका में यह 10,000 किलोवाट/व्यक्ति प्रति वर्ष है। ऊर्जा की आवश्यकता दिन-प्रतिदिन प्रत्येक कार्य के लिए पड़ती है। अत: बढ़ती हुई जनसंख्या और रहन सहन के स्तर को ऊँचा करने की दौड़ में जीवाष्म ईंधन कोयला, पेट्रोल, प्राकृतिक गैस का मनमाना व्यय किया जा रहा है। फलस्वरूप न केवल जीवाष्म ईंधन के स्रोतों में तेजी से कमी आ रही है वरन् उसके जलने से पर्यावरण में भयंकर प्रदूषण फैल रहा है जिससे न केवल मानव जाति अपितु जीव-जन्तु तथा वनस्पतियों का भी बहुत नुकसान हो रहा है। वैज्ञानिक अनुमानों के अनुसार बचे हुए जीवाष्म ऊर्जा के भण्डार अगले सौ सवा सौ वर्षों में समाप्त हो जायेंगे।

इसलिए आज मानव जलने वाले ईंधन को बचाना चाहता है ताकि आने वाले कल के लिए भी उसके पास कुछ ऊर्जा का स्रोत बचा रहे तथा पर्यावरण में प्रदूषण कम से कम हो। पिछले कुछ वर्षों से वैज्ञानिक ऐसे ऊर्जा स्रोत की खोज में हैं जो प्रदूषण रहित हो तथा बिना किसी कठिनाई के सब को आसानी से मिल सके। यह समझा जा रहा है कि ऊर्जा संकट से छुटकारा पाने के लिए संभवतः सौर ऊर्जा का उपयोग ही एकमात्र उपाय है। सौर ऊर्जा सारी दुनिया में उपलब्ध है। खासकर विकासशील एवं अविकसित देशों में अधिक उपलब्ध है। परन्तु सौर ऊर्जा के उपयोग में निम्नलिखित कई गम्भीर समस्याएं भी हैं :

- सौर धूप एक दिन में 24 घण्टों में से अधिक से अधिक 10-12 घंटे उपलब्ध होती है बाकी समय हमें सौर धूप नहीं मिलती। सर्दियों में सौर धूप के घण्टे और भी कम हो जाते हैं।
- बरसात के मौसम में बादल प्रायः सूर्य को ढक लेते हैं जिससे धूप प्राप्त नहीं होती।
- सौर धूप में ऊर्जा का धनत्व बहुत कम होता है।

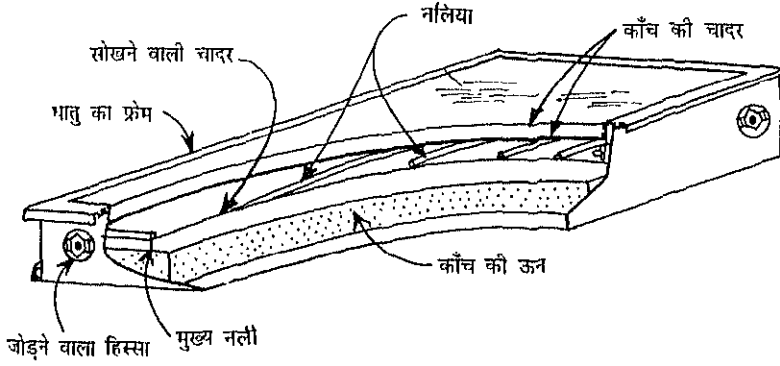
इसलिए सौर ऊर्जा का उपयोग करने के लिए सौर किरणों को संग्रहित करके संरक्षित किया जाता है तथा ताप को कम से कम हानि के बाद उपभोक्ता तक पहुँचाया जाता है।

सौर ऊर्जा जो हमें मुख्यतया प्रकाश एवं ताप के रूप में प्राप्त होती है, इसे तापीय प्रणाली अथवा सौर प्रकाश वोल्टीय प्रणाली के द्वारा ताप ऊर्जा या विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। सौर तापीय प्रणाली संयंत्र धूप को इकट्ठा करके तापमान ऊँचा या कम करते हैं तथा विभिन्न कार्यों में उपयोग के योग्य बनाते हैं। कुछ सौर तापीय संयंत्र हैं : सौर जल तापक, सौर चूल्हा, सौर फसल सुखाने का संयंत्र और आसवन भट्टियां आदि। अगले अध्याय में इन सब सौर तापीय संयंत्रों का विस्तार से वर्णन करेंगे। प्रत्येक सौर तापीय संयंत्र का मुख्य भाग होता है - सौर संग्राहक जिसका मुख्य काम होता है सौर धूप को संग्रहित करके उपभोक्ता तक तापीय ऊर्जा के रूप में पहुँचाना। इस अध्याय के बाकी भाग में सौर संग्राहक के विषय में विस्तार से जानकारी प्राप्त करेंगे। सौर प्रकाश वोल्टीय प्रणाली में सौर बैटरियां, सौर प्रकाश को सीधे विद्युत में परिवर्तित

करती हैं। सौर प्रकाश वोल्टीय प्रणाली एवं इसके उपयोग के बारे में विस्तार से चौथे अध्याय में पढ़ेंगे। सौर संग्राहक दो प्रकार के होते हैं। एक समतल सौर संग्राहक व दूसरा सौर सकेन्द्रक।

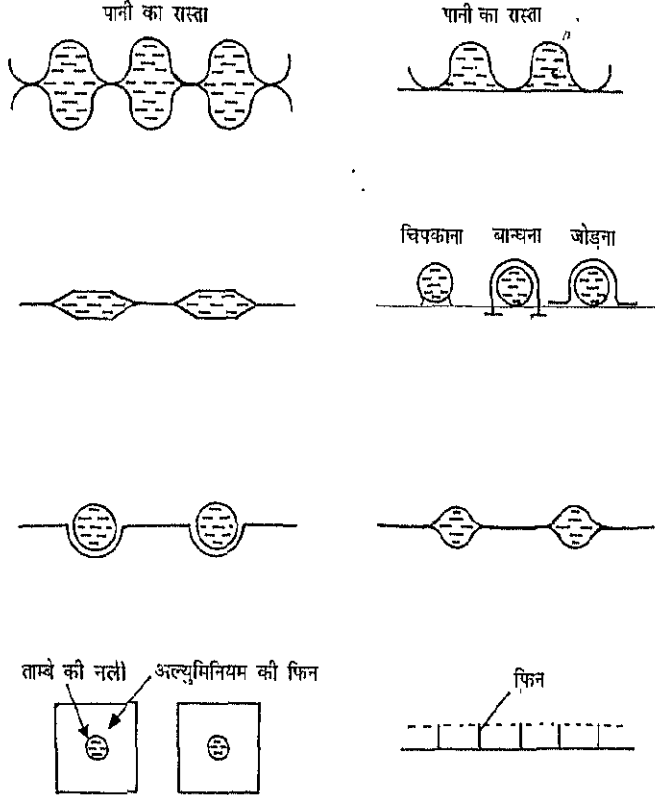
समतल सौर संग्राहक

यह कम ताप प्राप्त करने का सबसे सुलभ और सरल बनावट वाला उपकरण है। इस उपकरण द्वारा 100° सेल्सियस तक तापमान प्राप्त किया जा सकता है। सौर संग्राहक सौर ऊर्जा को संग्रहित करता है तथा इस ऊर्जा का कम से कम ह्रास होने देता है। सौर संग्राहक के अन्दर एक काले रंग का अवशोषक पटल होता है जो सौर विकिरणों को संग्रहीत करके इस पटल के ताप को बढ़ा देता है। यह तापीय ऊर्जा (ऊष्मा) किसी तरल, साधारणत: पानी या वायु, जो कि इस अवशोषक पटल के अन्दर या ऊपर या नीचे से गुजरता है, को स्थानान्तरित कर दी जाती है जिससे इस तरल का ताप बढ़ जाता है। बाद में इस गर्म तरल को संचयन (Storage) में पहुँचा दिया जाता है या सीधे ही उपयोग में लाया जाता है। जो तापीय ऊर्जा संग्राहक के अन्दर इकट्ठा होती है उसे वातावरण में जाने से रोकने के लिए पारदर्शी आवरण (Glazing) (ऊपर की तरफ) एवं ताप प्रतिरोधी (नीचे की तरफ) पदार्थों का उपयोग किया जाता है।

चित्र 2.1 में साधारण समतल संग्राहक को विस्तृत रूप से दिखाया गया है। एक सौर संग्राहक के मुख्य भाग हैं - ताप अवशोषक पटल, पारदर्शी आवरण, ऊष्मा प्रतिरोधी पदार्थ एवं बाहरी बाक्स। पारदर्शी आवरण, सौर विकिरण को अन्दर आने देता है तथा ऊष्मा अवशोषक पटल इन्हें अवशोषित कर गर्म हो जाता है। बड़ी लम्बाई की तरंगें जो अवशोषक पटल से निकलती हैं उनके लिए यह पारदर्शी आवरण अपारदर्शी होता है जिससे तापीय ऊर्जा बाहर नहीं जा सकती। अवशोषक पटल के पिछले भाग को वातावरण के सम्पर्क में आने से ऊष्मा प्रतिरोधी पदार्थ के द्वारा रोका जाता है। इस प्रकार संग्राहक सौर ऊर्जा को इकट्ठा करता है तथा उसकी वातावरण में हानि होने से रोकता है। समतल सौर संग्राहक के मुख्य भागों का विस्तारपूर्वक वर्णन इस प्रकार है।

चित्र 2.1 : समतल सौर संग्राहक

ताप अवशोषक पटल

इस पटल का काम सौर ऊर्जा को अवशोषित करना है। अधिकतर यह पटल काले रंग (Black board paint) से पुती हुई धातु की एक चादर होती है। इस पटल की मुख्य विशेषता यह होनी चाहिए कि इसकी सौर विकिरण का अवशोषण करने की क्षमता अधिक से अधिक हो तथा इसकी उत्सर्जकता (Emissivity) कम से कम हो। इसके अतिरिक्त पटल ऊष्मा संचालक भी होना चाहिए ताकि शीघ्रतापूर्वक ऊष्मा को स्थानान्तरित कर सके। सौर संग्राहक के अवशोषक पटल के लिए तांबे का उपयोग अति उत्तम है। परन्तु इसके मंहगे होने के कारण एल्यूमीनियम, स्टेनलेस स्टील, जस्तेदार लोहा आदि भी प्रयोग में लाये जा सकते हैं। अवशोषक पटल को आमतौर से मिलने वाले काले रंग से रंगा जाता है जिससे इसकी अवशोषकता बढ़ जाती है। ऐसे रंगों को केवल 60-70^{0}C तक तापमान के लिए ही उपयोग में लाया जा सकता है क्योंकि अधिक तापमान पर इनसे होने वाली तापीय ऊर्जा का ह्रास इतना अधिक होता है कि सौर उपकरण की दक्षता (Efficiency) बहुत कम हो जाती है। इसलिए कुछ विशेष चुनिन्दा लेपों (Selective Coating) की तह अवशोषण पटल पर जमाई जाती है। क्रोम

ब्लैक, जो कि क्रोमियम धातु के छोटे-छोटे कणों तथा क्रोमियम आक्साइड का मिश्रित रूप है, ही सबसे अधिक चुनिन्दा लेपों के रूप में उपयोग में लाया जाता है।

चित्र 22 : द्रव चालक नलियाँ

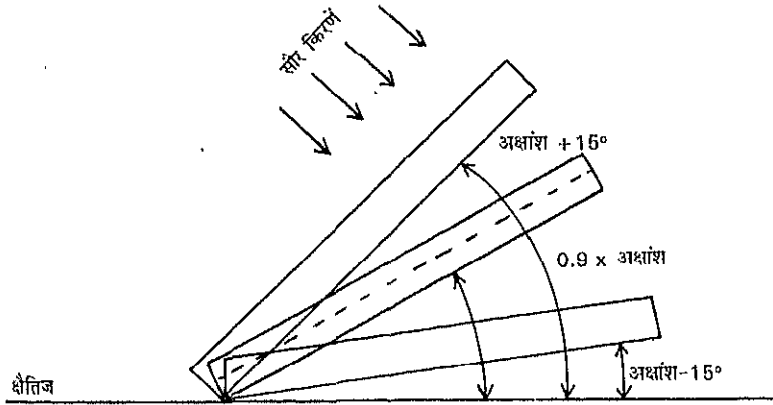
अवशोषण पटल से ताप ऊर्जा को या तो सीधे सम्पर्क द्वारा या किसी द्रव पदार्थ की सहायता से उपयोग में लाया जा सकता है। द्रव पदार्थ को अवशोषण पटल से जुड़ी नलियों में एक सिरे से चलाकर दूसरे सिरे से निकाला जाता है। इस प्रकार द्रव पदार्थ अवशोषण पटल से ऊर्जा लेकर गरम हो जाता है। द्रव पदार्थ को ले जाने वाली नलियों का अवशोषण पटल से पूरा सम्पर्क होना अति आवश्यक है अन्यथा बहुत कम ताप ऊर्जा द्रव पदार्थ में स्थानान्तरित हो पायेगी। अच्छे परिणाम के लिए या तो नलियाँ अवशोषण पटल में ही बनाई जा सकती हैं या फिर बाहर से वेल्ड की जाती हैं। चित्र 2.2 में द्रव चालक नलियों को विभिन्न तरीकों से अवशोषण पटल के साथ जोड़ कर दिखाया गया है। सौर वैज्ञानिकों ने अनुसन्धान के द्वारा यह भी निष्कर्ष निकाला है कि उन नलियों का व्यास 10-12 मिलीमीटर एवं दो नलियों के बीच की दूरी लगभग 100 मिलीमीटर होनी चाहिए।

सौर संग्राहक से ऊर्जा के ह्रास को रोकने के लिए अवशोषण पटल के चारों किनारों तथा पिछली सतह पर 5 से 10 सेंटीमीटर मोटी ऊष्मा अवरोधक पदार्थ की तह लगायी जाती है। इन ताप अवरोधक पदार्थों में निम्नलिखित विशेषतायें होनी चाहिए :

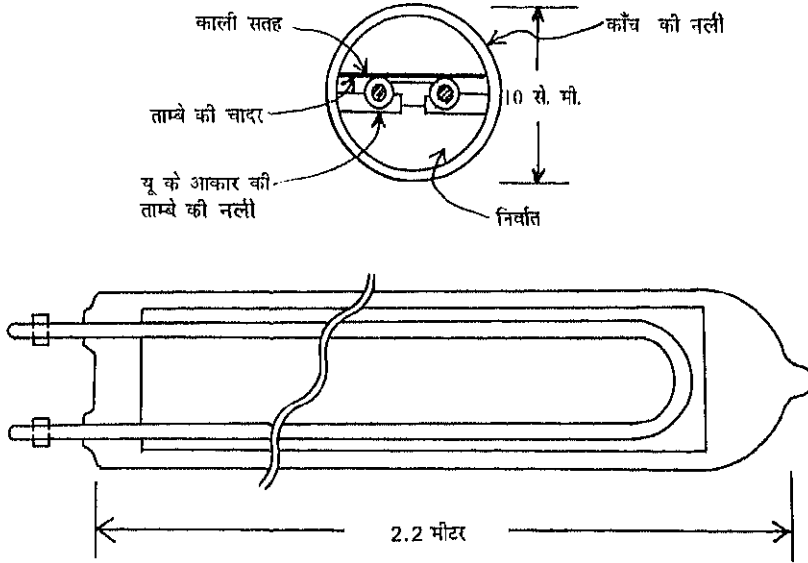
- बहुत कम ताप संचालकता (0.02 वाट/मीटर^2 सेल्सियस)
- उच्च ताप पर खराब न होना (120^{0}C)
- किसी प्रकार की गैस का न निकलना,
- गर्मी से आकार का न बढ़ना एवं न घटना,
- भार में हल्का होना,
- सस्ता होना,
- आग से अप्रभावित होना एवं
- आर्द्रता शोषक न हों।

कुछ प्रमुख ऊष्मा अवरोधी पदार्थ हैं - काँच की ऊन (Glass wool), मिनरल रेशे, पोलियूरेथिन फोम, आदि।

सौर संग्राहक से ऊर्जा की हानि का मुख्य कारण गर्म अवशोषण पटल से ऊपर की ओर होने वाली संबाहक एवं विकिरण हानि है। इस हानि को रोकने या कम करने के लिए एक या अधिक पारदर्शी आवरण का उपयोग किया जाता है। पारदर्शी आवरण की एक मुख्य विशेषता यह होनी चाहिए कि यह सौर विकिरण को संग्राहक के अन्दर प्रवेश तो करने दे परन्तु गर्म अवशोषक पटल से उत्सर्जित एवं परावर्तित होने वाली किरणों को अपने अन्दर से न गुजरने दे। कम लौह युक्त काँच (साधारण खिड़की वाला काँच) से बना पारदर्शी आवरण सौर संग्राहक के लिए अति उत्तम है। परन्तु इसमें काँच का भार व उसका भंगुर (fragile) होना, केवल ये दोनों कठिनाइयाँ हैं। आजकल विशेष प्लास्टिक के आवरण भी प्रयोग में लाये जा रहे हैं। साधारण प्लास्टिक इसमें उपयुक्त नहीं है।

तापीय ऊर्जा को अवशोषण पटल से एक द्रव के द्वारा अवशोषित कर उपयोग के लिए भेजा जाता है। अधिकतर सौर संग्राहकों में इस कार्य के लिए समतल सौर संग्राहक के सभी अंगों को यथास्थान संयोजित करके उनको धूल, हवा, वर्षा आदि से बचाने के लिए एक बक्से में रखा जाता है। बक्से को हल्के एवं मजबूत पदार्थों से बनाया जाता है। प्राय: इसके लिए एल्युमिनियम गैल्बनाइज्ड लोहा, कांच, तंतु आदि का उपयोग किया जाता है। इस बक्से को एक मजबूत आधार पर इस प्रकार रखा जाता है ताकि इसको आसानी से घुमाकर झुकाव को सही रखा जा सके। आमतौर पर समतल संग्राहक की दिशा व झुकाव एक ही बार बना ली जाती है। क्योंकि हमारा देश भूमध्य रेखा के उत्तर में है इसलिए सूर्य भारत के दक्षिण में रहता है। अत: हमारे देश में संग्राहक का मुँह ठीक दक्षिण की ओर एवं उसके झुकाव का क्षैतिज (horizontal) के साथ जो कोण रखा जाता है वह उस स्थान के अक्षांश से 15^{0} कम या अधिक होता है। चित्र 2.3 में एक समतल संग्राहक को इस प्रकार से रखा दर्शाया गया है ताकि यह अधिक से अधिक सौर ऊर्जा को संग्रहित कर सके।

चित्र 2.3 : सौर समतल संग्राहक की दिशा व झुकाव

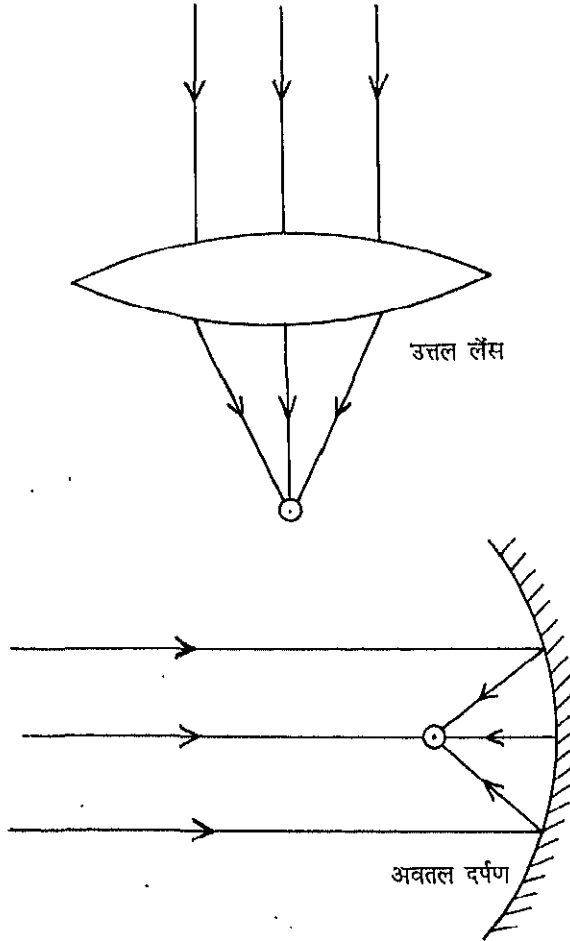
हवा रहित नली के आकार का संग्राहक (Evacuated tubular collector)

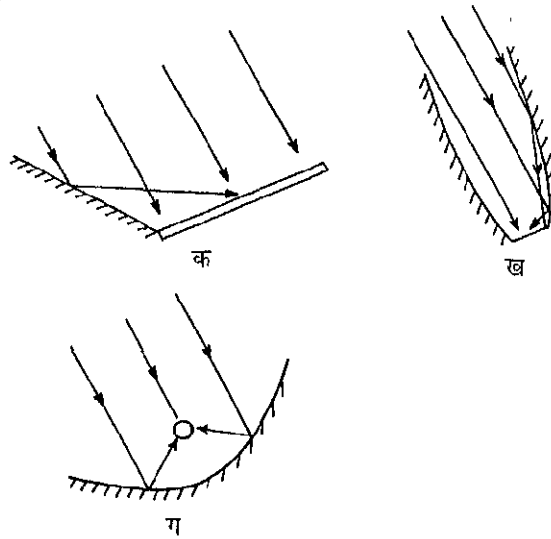
समतल संग्राहक में ऊर्जा हानि का मुख्य कारण अवशोषण पटल और पारदर्शी आवरण के बीच की हवा में संवहन प्रक्रिया है। संवहन द्वारा गर्म हवा अवशोषण पटल से ऊर्जा पारदर्शी आवरण तक ले जाकर उसे गर्म करती है जहाँ से यह ऊर्जा परिवेशी वायु (ambient air) में चली जाती है। इस ऊर्जा ह्रास को रोकने के लिए अवशोषण पटल एवं पारदर्शी आवरण के बीच के स्थान को हवा रहित करना जरूरी है। इस प्रकार के नली के आकार के हवा रहित संग्राहक बनाये गये हैं जिनकी बाहरी नली पारदर्शी काँच की बनी होती है। इसके अन्दर काली की गई धातु की चादर और इससे जुड़ी धातु की नली होती है (चित्र 2.4)।

चित्र 24 : नली के आकार का हवा रहित संग्राहक

काँच की नली के अन्दर की हवा पम्प की सहायता से निकाल दी जाती है। ताप ऊर्जा एक विशेष तेल को नली में प्रवाहित करके संग्राहक से उपभोक्ता तक पहुँचायी जाती है। इस प्रकार के संग्राहक से 200°C तक तापमान प्राप्त किया जा सकता है।

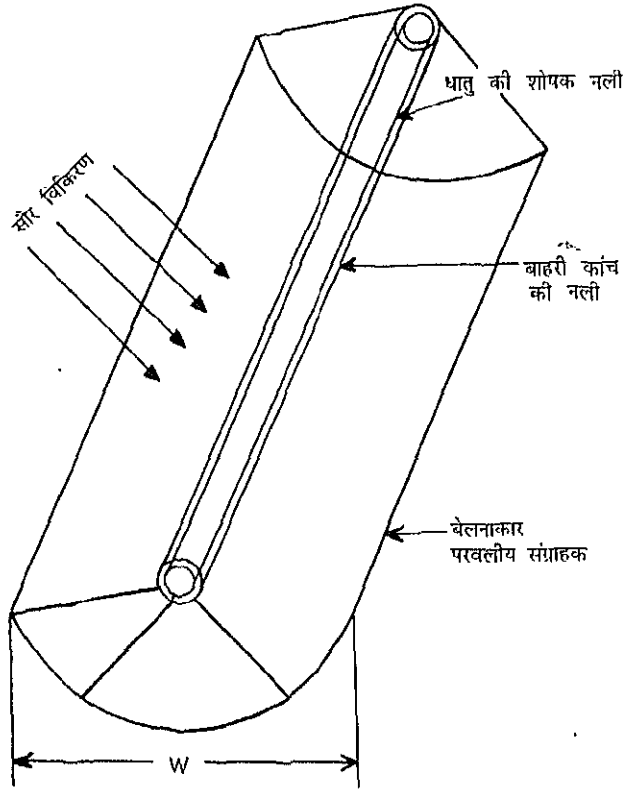
सौर संकेन्द्रक (Solar Concentrators)

सौर समतल संग्राहक से प्रायः 100°C से अधिक तापमान नहीं प्राप्त किया जा सकता। इससे अधिक तापमान प्राप्त करने के लिए सौर किरणों को घनीभूत करना आवश्यक है। इसके लिए सौर विकिरणों को एक बड़े क्षेत्र पर आपतित (Incident) करके एक छोटे से अवशोषक (absorber) क्षेत्र पर केन्द्रित करते हैं। इस प्रकार एक छोटे क्षेत्र पर अधिक तापमान प्राप्त किया जा सकता है। सौर संकेन्द्रक के तीन मुख्य भाग होते हैं :

1. विकिरण को केन्द्रित करने वाली सतह,
2. विकिरण को तापीय ऊर्जा में बदलने वाला अवशोषक जो पारदर्शी आवरण से ढका हो, तथा
3. संग्राहक को सूर्य की ओर रखने वाला ट्रैकर।

चित्र 2.5 : सौर विकिरण का परावर्तन तथा आवर्तन द्वारा संकेन्द्रण

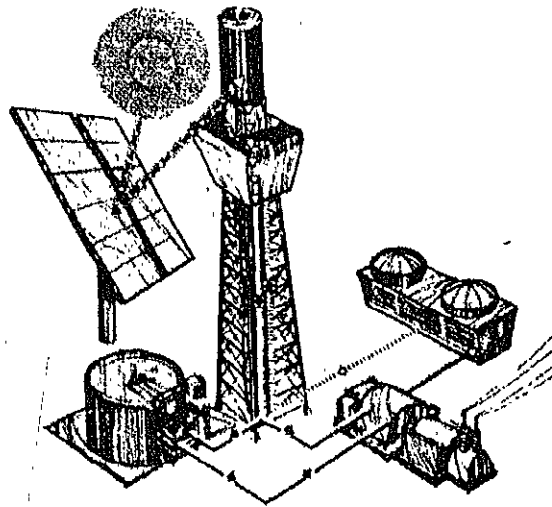
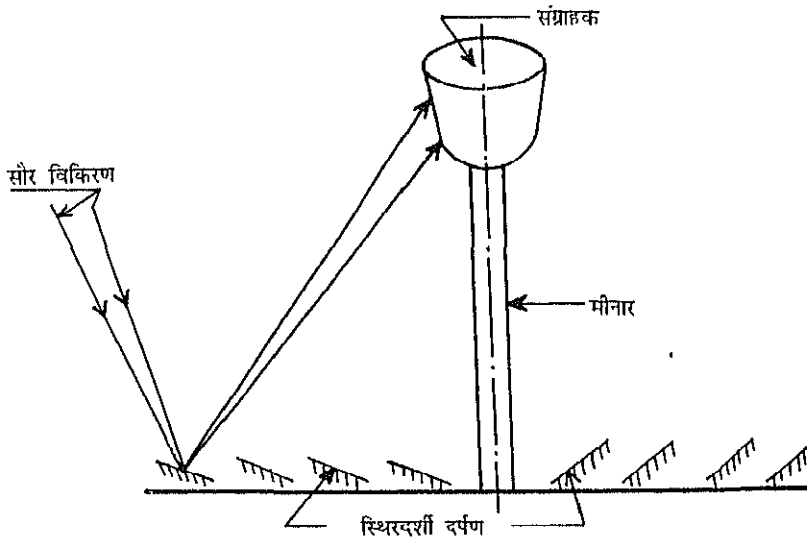
सौर विकिरण को परावर्तन या आवर्तन द्वारा केन्द्रित किया जाता है जैसा कि चित्र 2.5 में दिखाया गया है। परावर्तन के तरीके में अवतल दर्पण तथा आवर्तन के तरीके में उत्तल लैंस का उपयोग किया जाता है। सौर संकेन्द्रकों में सांद्रण अनुपात (Concentration Ratio) की एक मुख्य भूमिका है। सांद्रण अनुपात "सौर विकिरण परावर्तित या आवर्तित होने के पश्चात् अवशोषक के जितने क्षेत्र पर केन्द्रित होती है उन क्षेत्रों के क्षेत्रफलों के अनुपात को कहते हैं"। अधिक ताप प्राप्त करने के लिए सांद्रण अनुपात का अधिक होना आवश्यक है। सांद्रण अनुपात बढ़ाने के लिए किसी परावर्ती पृष्ठ (Reflecting surface) को मोड़कर संकेन्द्रक बनाते हैं। एक अक्षीय मोड़ देने से परावर्तक तल बेलनाकार संकेन्द्रक बन जाते हैं तथा द्विअक्षीय मोड़ देने से गोलाभ या परवलय केन्द्रक बन जाते हैं।

चित्र 2.6 : कुछ संकेन्द्रक संग्राहक

मीनार के साथ संग्राहक (Central Tower Receiver)

इस विधि में सौर विकिरण से उच्च ताप (~ 1200°C) प्राप्त किया जाता है। इसे चित्र 2.8 में दर्शाया गया है। इस विधि में एक ऊँचे मीनार के ऊपर सौर संग्राहक रखा

चित्र 2.7 : बेलनाकार पैराबोलीय केन्द्रक संग्राहक

रहता है जिस पर पृथ्वी पर मीनार के चारों ओर रखे बड़े-बड़े दर्पणों (Heliostat) की सहायता से सौर विकिरण केन्द्रित की जाती है। इन दर्पणों को हमेशा ही सूर्य की तरफ रखा जाता है।

सभी सौर संकेन्द्रक केवल सीधी विकिरण को ही केन्द्रित करते हैं। इसलिए यह आवश्यक है कि सौर केन्द्रक की परावर्तक सतह सदैव सूर्य की ओर हो। जैसे-जैसे सूर्य पूर्व से पश्चिम की ओर जाता है वैसे-वैसे सौर केन्द्रक को घुमाना पड़ता है। इसके लिए

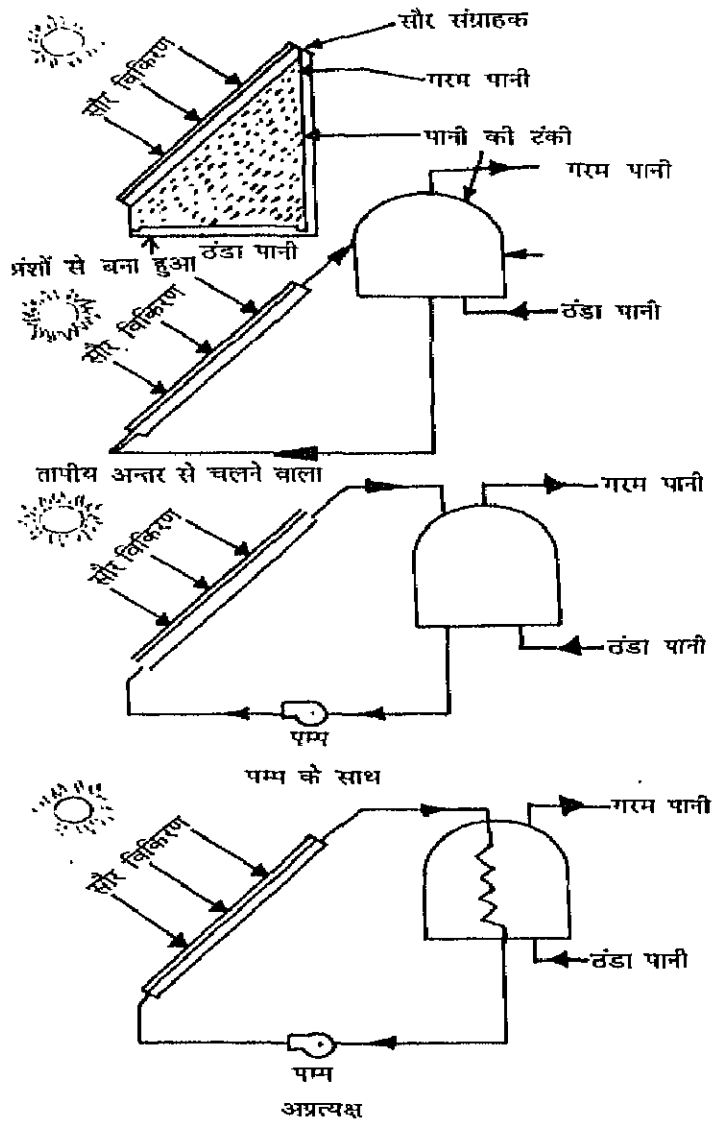
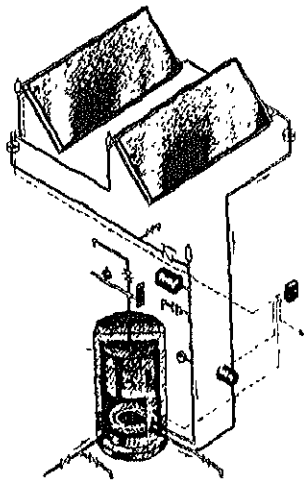
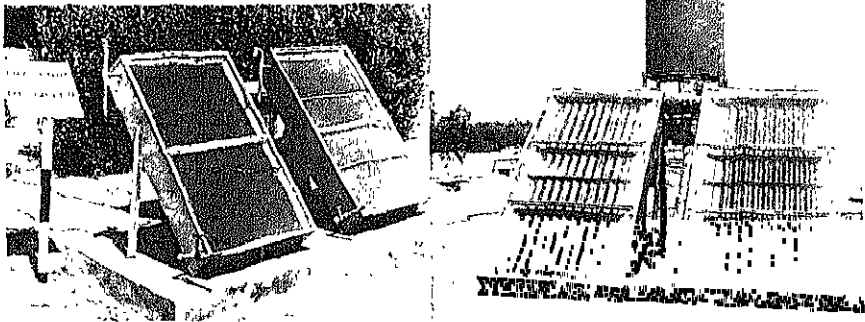
स्वचालित मोटरों का प्रयोग किया जाता है।

चित्र 2.8 : मीनार के साथ संग्राहक

3 सौर ऊर्जा के तापीय उपयोग

भूमिका

पिछले अध्याय में आपने पढ़ा कि कैसे सौर विकिरण को समतल या संकेन्द्रक संग्राहक के द्वारा तापीय ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है। इस ऊर्जा को हम अपने दैनिक जीवन में उपयोग में ला सकते हैं। इसका उपयोग खाना बनाने; पानी गर्म करने; फल, सब्जी, अन्न, इमारती लकड़ी आदि सुखाने; खारे पानी को पीने योग्य बनाने; घरों को वातानुकूलित करने, सौर भट्‌टी बनाने; विद्युत उत्पन्न करने, आदि अनेक कार्यों के लिए किया जा सकता है। सौर ऊर्जा के उपयोग से जहाँ पारम्परिक ऊर्जा की बचत होती है वहीं प्रदूषण भी नहीं फैलता। सौर उपकरणों का उपयोग केवल दिन के समय जब सौर धूप उपलब्ध हो तब ही किया जा सकता है, परन्तु रात अथवा बादल होने के समय उपयोग में लाने के लिये सौर ऊर्जा का भण्डारण भी किया जा सकता है। इस अध्याय में हम सौर ऊर्जा के तापीय उपयोग तथा सौर ऊर्जा के भण्डारण के बारे में विस्तार से पढ़ेंगे।

सौर जल तापक

सूर्य की किरणों से पानी गर्म करना लगभग सभी देशों में प्रचलित है। मुख्य रूप से यह इजराइल, जोर्डन व साईप्रस में बहुत प्रचलित है। सौर जल तापक एक मुख्य सौर उपकरण है तथा विभिन्न देशों में काफी पहले से इस क्षेत्र में अनुसन्धान के द्वारा इस उपयोग को काफी विकसित किया जा चुका है। सौर जल तापक के दो मुख्य भाग होते हैं। (1) सौर संग्राहक तथा (2) पानी की टंकी। मुख्यतः सौर जल तापक दो प्रकार के

चित्र 3.1 : सौर जल तापक

होते हैं। एक वह जिनमें संग्राहक तथा पानी की टंकी दोनों एक ही इकाई के रूप में होते हैं तथा दूसरा वह जिनमें संग्राहक तथा पानी की टंकी अलग-अलग होते हैं जिन्हें एक नली से जोड़ा जाता है। दूसरे प्रकार के सौर जल तापक को भी अलग-अलग भागों में बाँटा जा सकता है। चित्र 3.1 में सौर जल तापक के कुछ नमूने दिखाये गये हैं। सौर जल तापक निम्न प्रकार के होते हैं।

1. *पम्प के साथ :* इसमें संग्राहक तथा टंकी के बीच पानी को प्रवाहित करने के लिए एक पम्प का उपयोग किया जाता है। पम्प को चलाने के लिए किसी बाहरी ऊर्जा (बिजली) की आवश्यकता होती है।

2. *तापमान के अन्तर से चलने वाला :* गर्म पानी का घनत्व कम होने से यह पानी ऊपर चला जाता है तथा ठंडा पानी नीचे आ जाता है। इस नियम के उपयोग से पानी को संग्राहक और टंकी के बीच में घुमाया जा सकता है। इस प्रकार के जल तापक में पम्प तथा उसको चलाने के लिए अतिरिक्त ऊर्जा स्रोत की आवश्यकता नहीं होती।

इस प्रकार के जल तापक में यह आवश्यक है कि गर्म पानी के भण्डारण के लिए प्रयोग में लाने वाली टंकी को सौर संग्राहक से ऊपर रखा जाये। इसलिए प्रायः टंकी को खुले में सौर संग्राहक के ठीक ऊपर स्थापित कर दिया जाता है। यदि टंकी को सौर संग्राहक से ऊपर न रखा जाये तो रात के समय सौर संग्राहक के ठंडा होने से गर्म पानी टंकी से सौर संग्राहक में उल्टा बहने लगता है।

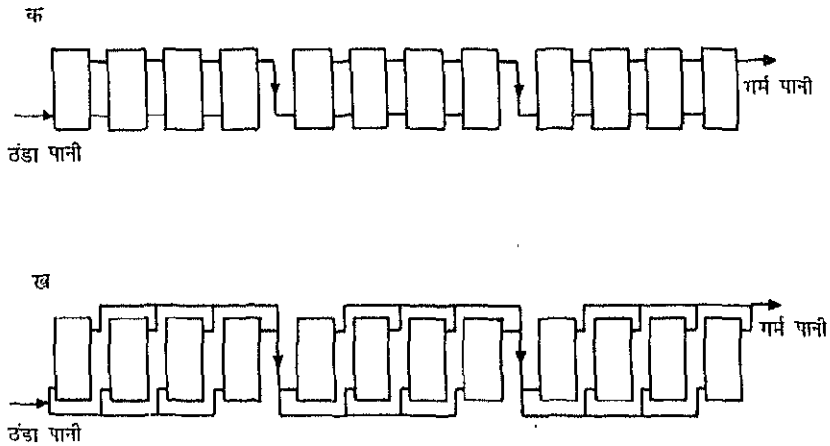
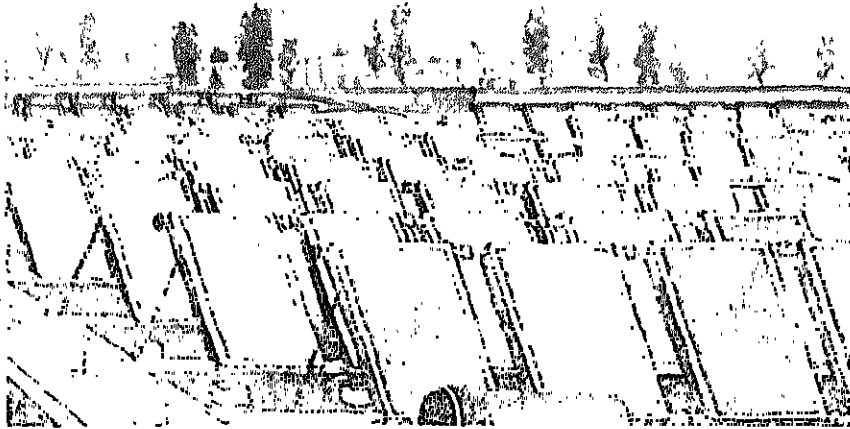
पानी की टंकी को सीधा नल से जोड़ कर प्रतिदिन सुबह भरा जा सकता है। पानी के सतह की ऊँचाई को नली में एक फ्लोट वाल्व (Float valve) लगा कर नियंत्रित किया जाता है। टंकी में ठंडा पानी ऊपर लगी हुई नली से आता है तथा गर्म पानी तली में लगी नली से निकाला जाता है। दिन में जब सौर संग्राहक सूर्य की गर्मी से गर्म हो जाता है तो उसके अन्दर नलियों में पानी गर्म होकर संवहन द्वारा ऊपर उठता है तथा उसका स्थान लेने के लिए ठंडा जल भण्डारण की तली से सौर संग्राहक में गुरूत्वाकर्षण के द्वारा आता है। इस प्रकार किसी भी पम्प के बिना ही गर्म पानी भण्डारण में एवं भण्डारण से ठंडा पानी

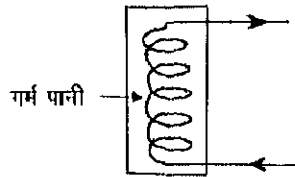
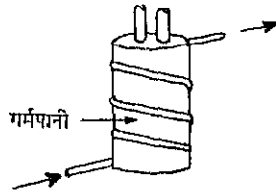
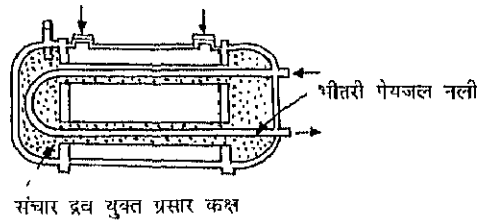
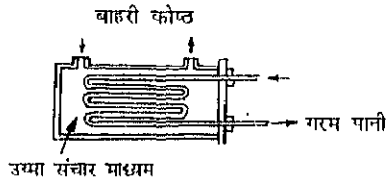
सौर संग्राहक में आता रहता है। यह पानी का चक्कर शाम को या उस स्थिति में अपने आप रूक जाता है जब सौर संग्राहक एवं भण्डारण के पानी में तापमान का अन्तर लगभग समाप्त हो जाता हो।

3. *सीधा* : इस प्रकार के जल तापक में संग्राहक में पानी सीधा गर्म होकर टंकी के पानी में मिल जाता है तथा टंकी से ठंडा पानी सीधा संग्राहक में आ जाता है। इसमें केवल एक ही तरल (पानी) प्रयोग में लाया जाता है।

4. *अप्रत्यक्ष* : इस प्रकार के जल तापक में पानी की टंकी में एक ताप संवाहक (heat exchanger) लगा होता है। संग्राहक से एक तरल गर्म होकर ताप संग्राहक में प्रवाहित होता है जहाँ से टंकी में रखा पानी ताप प्राप्त करता है। इस प्रकार टंकी का पानी सीधा सौर संग्राहक में नहीं जाता। जिन स्थानों में पानी खारा हो अथवा ठंड के कारण पानी के संग्राहक की नलियों में जमने का अंदेशा हो वहाँ पर अप्रत्यक्ष जल तापक ही प्रयोग में लाने चाहिए।

जल तापकों में प्राय: समतल संग्राहक ही उपयोग में लाये जाते हैं। इस प्रकार के उपकरण से लगभग 100 लीटर पानी को उत्तर भारत की शरद ऋतु में भी शाम तक 50-60°C तक गर्म किया जा सकता है। इसके लिए लगभग 2 वर्गमीटर के सौर संग्राहक की आवश्यकता रहती है। रात में गर्म पानी को टंकी (दोहरी दीवारों वाली) में रखा जाता है जिसे चारों ओर से ताप अवरोधक पदार्थ से ढका जाता है ताकि अगले दिन सुबह पानी का तापमान 45°C से कम न हो। स्नान के लिए प्राय: 35-40°C तापमान का पानी उपयोग में लाया जाता है।

कारखानों, होटलों, होस्टलों आदि में गर्म पानी की आवश्यकता अधिक होती है तथा पानी भी अधिक गर्म होना चाहिए। उसके लिए कई सौर संग्राहकों को आपस में एक सीध में अथवा समानान्तर तरीकों से जोड़ा जाता है। यदि पानी अधिक गर्म चाहिए तो संग्राहकों को सीधा जोड़ा जाता है और यदि अधिक मात्रा में पानी गर्म चाहिए तो संग्राहकों को समानान्तर जोड़ा जाता है। लेकिन सीध में अथवा समानान्तर जोड़ने वाले संग्राहकों की अधिकतम संख्या सुनिश्चित होती है। कितने संग्राहक किस प्रकार लगाने हैं यह बहुत सी बातों पर निर्भर करता है। चित्र 3.2 में संग्राहकों को सीधे, समानान्तर

चित्र 3.2 : सीधे, समानान्तर एवं मिश्रित जुड़े संग्राहक

एवं मिश्रित तरीके से लगाकर दिखाया गया है। सीधे जल तापक की नलियों में भारी अथवा खारा पानी प्रवाहित नहीं करना चाहिए। जहाँ पर पानी मीठा न मिलता हो वहाँ

चित्र 33 : ताप संवाहक

र अप्रत्यक्ष जल तापक जिनमें ऊर्जा को संग्राहक से भण्डारण तक स्थानान्तरित करने ; लिए ताप संवाहक का उपयोग होता है, प्रयोग में लाये जाने चाहिए। अगर सीधे जल ापक ही प्रयोग किया जाये तो कुछ ही दिनों में संग्राहक की नलियों में पानी को खारा नाने वाले लवण जमकर नलियों में पानी के प्रवाह को रोक देंगे। कैल्सियम के लवण ाम जाते हैं तथा मैगनीशियम के लवण क्षार में बदल कर धातु को खा जाते हैं। पानी ी लगातार आपूर्ति भी सौर जल तापक के लिए आवश्यक है। पानी के न होने से ंग्राहक का तापमान बहुत अधिक होकर उस के अंगों को हानि पहुँचा सकता है। बिना म्प वाले सौर जल तापक में पानी की टंकी को सौर संग्राहक की अधिकतम ऊँचाई से ाम से कम 30 सेंटीमीटर ऊपर रखना पड़ता है। रात में टंकी का गरम पानी संग्राहक ं वापस आकर ठंडा न हो जाय, इसे रोकने के लिए यह आवश्यक है। इस प्रकार के ्हाव को उल्टा बहाव (reverse flow) कहा जाता है। इसलिए यदि सौर संग्राहक को छत पर लगाया गया हो तो भंडारण को भी बाहर रखना पड़ता है जिससे ताप ऊर्जा ा ह्रास अधिक होता है।

अप्रत्यक्ष जल तापक का एक मुख्य अंग ताप संवाहक होता है (चित्र 3.3)। मुख्यत: ीन प्रकार के संवाहक प्रयोग में लाये जाते हैं।

. *कुंडली के आकार वाला :* यह एक बहुत ही सरल तथा सस्ता ताप संवाहक है। इसमें धातु की नली को घुमाकर एक कुंडली के रूप में बनाया जाता है तथा संग्राहक नली के प्रवेश एवं निकास के बीच में जोड़ दिया जाता है। इसको पानी की टंकी के अन्दर लगा दिया जाता है।

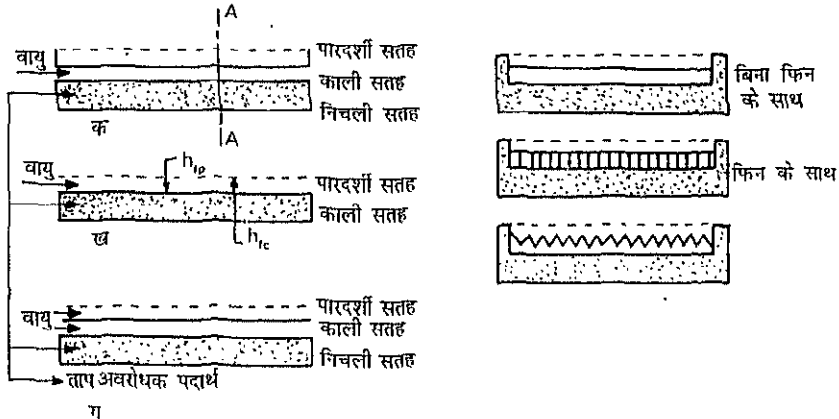
?. *खोल तथा नली वाला :* इस प्रकार के ताप संवाहक उद्योगों में अधिक प्रयोग में लाये जाते हैं। इसमें एक खोल तथा बहुत सी नलियाँ होती हैं। इसमें ताप स्थानान्तरण के लिए अधिक सतह होती है इसलिए यह अधिक दक्ष होता है।

3. *दुहरी नली वाला :* इस प्रकार का ताप संवाहक बहुत सुरक्षित होता है। इसमें एक धातु की नली के अन्दर दूसरी नली होती है। एक नली में गर्म तथा दूसरी में ठंडा तरल प्रवाहित किया जाता है।

सौर जल तापक से प्राप्त गर्म पानी को अगले दिन उपयोग में लाने के लिए ताप अवरोधक पदार्थ से ढकी टंकियों में रखा जाता है। गर्म जल को ले जाने वाली नलियों को भी ताप अवरोधक पदार्थों से ढकना चाहिए ताकि ताप ऊर्जा के स्थानान्तरण में कम से कम ह्रास हो।

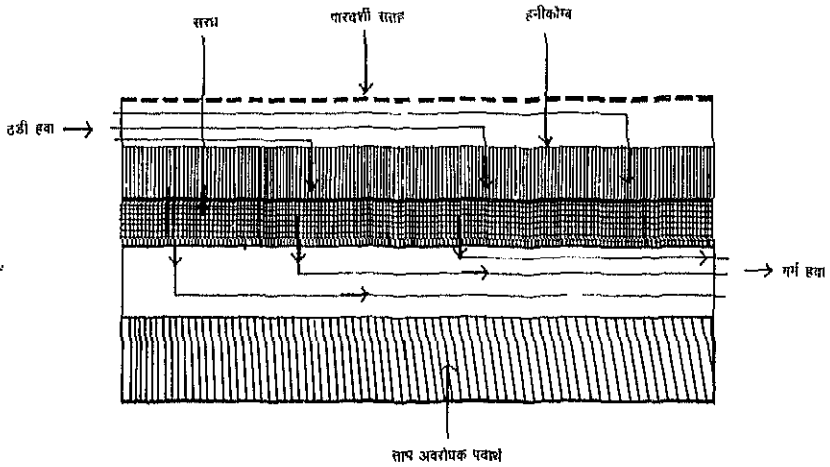
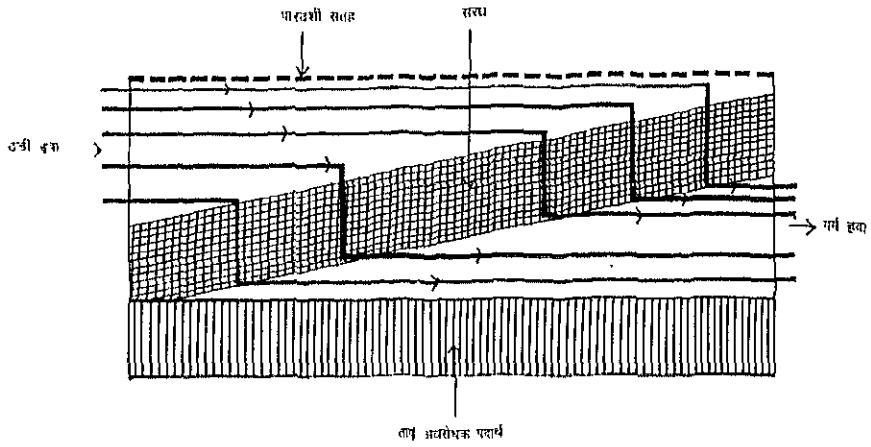
सौर वायु तापक (Solar air heater)

सौर वायु तापक का मुख्य उपयोग घरों तथा कार्यालयों को गर्म रखने; तथा फलों, अनाजों, लकड़ी तथा कारखानों के उत्पादों को सुखाने में होता है। सौर संग्राहक की नलियों में पानी के स्थान पर वायु को प्रवाहित कर वायु को गर्म किया जाता है। सौर वायु तापकों को मुख्यत: दो भागों में बांटा जा सकता है।

सरंध्र रहित वायु तापक (Non porous air heater) : इस प्रकार के वायु तापकों में अवशोषण पटल में नलियाँ नहीं होतीं। इस में हवा को धातु की चादर के ऊपर से या नीचे से या धातु की दो चादरों के बीच से प्रवाहित किया जाता है। हवा की किसी गरम

चित्र 3.4 : सरंध्र रहित वायु तापक

सतह के ताप खींचने की शक्ति पानी से कम होती है। इसलिए जितनी अधिक देर हवा गरम सतह के सम्पर्क में रहेगी उतना ही अधिक ताप खींचने में मदद मिलेगी। इसलिए अवशोषक पटल के साथ कुछ टेढ़ी-मेढ़ी नलियों को जोड़ दिया जाता है। चित्र 3.4 में कुछ सरंध्र रहित वायु तापक दर्शाये गये हैं। कुछ सौर वायु तापकों में घुमावदार नलियों का जाल बनाया जाता है। यह परों के आकार का, अंग्रेजी के अक्षर "U" के आकार का अथवा किसी अन्य आकार का हो सकता है। इन सबका उद्देश्य वायु को अधिक से अधिक समय तक गरम सतह के सम्पर्क में रखना है।

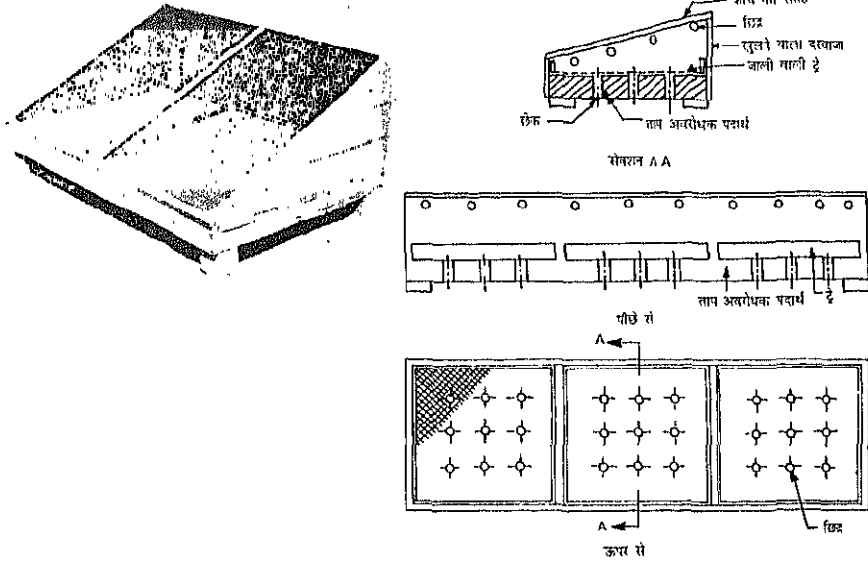
सरंध्र वायु तापक (Porous air heater) : इस प्रकार के वायु तापकों में वायु सरंध्र अवशोषक में से प्रवाहित होती है। सरंध्र अवशोषक सौर विकिरण को शोषित करते हैं तथा इसमें से बहने वाली वायु को धीरे-धीरे गर्म करते हैं। सरंध्र वायु तापक आम तौर पर सरंध्र रहित वायु तापकों से अधिक दक्ष होते हैं। चित्र 3.5 में कुछ सरंध्र वायु तापक दर्शाये गये हैं। गर्म हवा को सीधे भवनों में प्रवाहित करके इन्हें सर्दियों में गर्म रखा जा सकता है। इसी प्रकार गर्म हवा को अनाजों, फलों, सब्जियों, लकड़ी, रासायनिक पदार्थों, मछलियों आदि के ढेरों में से प्रवाहित करके उन्हें सुखाया जा सकता है। सौर आर्द्रता शोषक संयंत्र का वर्णन नीचे दिया जा रहा है।

सौर आर्द्रता शोषक संयंत्र : अधिकांश फसलों में कटाई के समय 20 से 50 प्रतिशत (%) तक आर्द्रता होती है। इस आर्द्रता के कारण इन्हें लम्बे समय तक सुरक्षित नहीं रखा जा सकता। आर्द्रता के कारण फसल के दाने सड़ने लगते हैं तथा कई प्रकार की फफूंदियाँ लग जाती हैं। आम तौर पर हमारे देश में फसल सुखाने के लिए इसे जमीन पर धूप में बिछा दिया जाता है। इस प्रक्रिया में सूर्य की किरणें अनाज पर सीधी पड़ती हैं। तथा विकिरण की गर्मी से नमी की मात्रा कम हो जाती है। इस प्रक्रिया में अनाज को दो-तीन बार उलटना-पलटना पड़ता है। इस प्रक्रिया में समय और श्रम भी अधिक लगता है, धूल, वर्षा, कीड़ों, चूहों तथा पक्षियों से बिछी हुई फसल को बहुत नुकसान होता है तथा फसल के तापमान एवं नमी के अवशोषण की गति पर कोई नियंत्रण नहीं होता। इसलिए कुछ फसलें जिन्हें सुखाने के लिए विशेष तापमान एवं नमी अवशोषण की विशेष गति की आवश्यकता होती है, इस सरल एवं सस्ती प्रक्रिया से नहीं सुखाई जा सकती। सौर

चित्र 3.5 : सरंध्र वायु तापक

संयंत्रों से फसल सुखाना एक बहुत ही सरल एवं उपयोगी विधि है। आर्द्रता की दृष्टि से फसलों को दो श्रेणियों में बांटा जा सकता है।

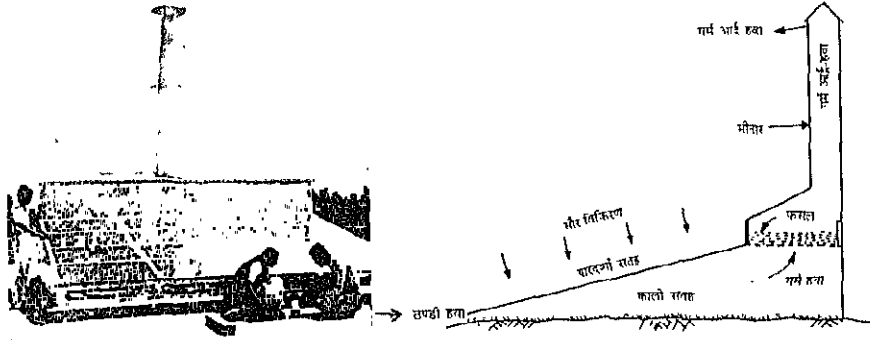
1. दानेदार फसलें जैसे अनाज जिनमें कटाई के समय 20-25% तक नमी होती है।
2. फलीदार फसलें, फल, चाय की पत्तियाँ, तम्बाकू, सब्जियों आदि जिनमें कटाई के समय 50% तक नमी पाई जाती है।

फसलों के भण्डारण के लिए अधिक से अधिक 10-12% तक नमी होनी चाहिए।

सौर ऊर्जा से नमी कम करने में ऊष्मा तथा द्रव्य के स्थानान्तरण का सिद्धांत लागू होता है। जब नमी वाली फसलों के ऊपर सौर विकिरण पड़ती हैं या वे (फसलें)

चित्र 3.6 : डिब्बे नुमा सौर फसल सुखाने का संयंत्र

गर्म हवा के सम्पर्क में आती हैं तो नमी, भाप बनकर फसल के बाहर आ जाती है तथा शुष्क हवा में मिल जाती है। इस प्रक्रिया से धीरे-धीरे नमी कम हो जाती है। प्रक्रिया को तीव्र बनाने के लिए गर्म हवा का तापमान अधिक होना चाहिए तथा भाप को शीघ्रता से बाहर निकालना चाहिए। इसलिए सौर आर्द्रता शोषक संयंत्र का उपयोग आवश्यक है। सौर संयंत्रों में हवा का तापमान सरलता से 65-70°C तक बढ़ाया जा सकता है।

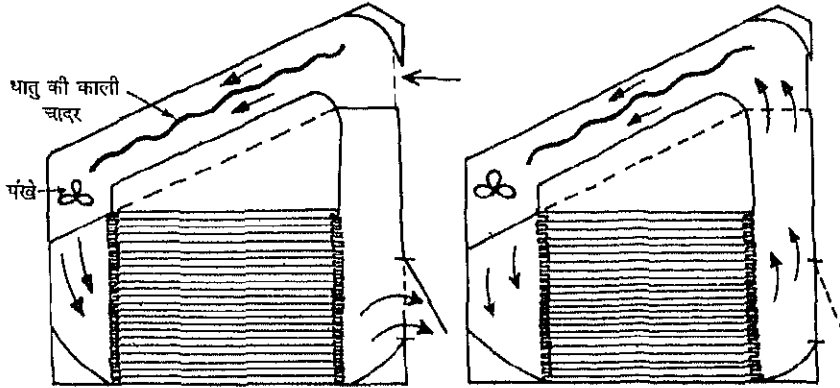
सौर आर्द्रता शोषक संयंत्र का सरलतम रूप एक डिब्बे के आकार का होता है। इसे चित्र 3.6 में दिखाया गया है। नीचे के तल के स्थान पर एक पतली जाली लगाई जाती है तथा इस डिब्बे को एक ढलान वाली काँच या पारदर्शी प्लास्टिक से ढक दिया जाता है। इस डिब्बे की दीवारों पर ऊपर की ओर गर्म भाप निकलने के लिए कुछ छोटे-छोटे छेद किये जाते हैं। जाली तथा डिब्बे की अन्दरूनी दीवारों को काले रंग से पोत दिया जाता है। जिस फसल को सुखाना हो उसे जाली पर फैला दिया जाता है तथा इस सारे संयंत्र को सूर्य की ओर रख दिया जाता है। सौर विकिरण पारदर्शी तल से पार होकर फसल एवं डिब्बे के अन्दर काले भागों पर पड़ती है तथा अन्दर की हवा तथा फसल का तापमान बढ़ाती है। यह गर्म हवा तथा फसल से निकली भाप हल्के होने के कारण दीवारों में बने छिद्रों से बाहर आ जाती है तथा नीचे से ठण्डी एवं शुष्क हवा जाली के छिद्रों से अन्दर आती है, जो कि फिर से गर्म व नम होकर ऊपर बने छिद्रों से बाहर निकल जाती है। इस प्रकार धीरे-धीरे संयंत्र के अन्दर रखे पदार्थ की नमी कम हो जाती है। इस प्रकार के संयंत्र की सबसे मुख्य कमी यह है कि इसमें फसल के प्रत्येक भाग का तापमान एक जैसा नहीं रहता। जिस भाग पर विकिरण सीधी पड़ती है वह अधिक गर्म हो जाता है। इसलिए फसल को एक जैसा सुखाने के लिए दिन में दो-तीन बार उलटना-पलटना पड़ता है। यह भी देखा गया है कि सीधी विकिरण फसल की गुणवत्ता को भी कम कर देती है। इसलिए ऐसे सौर आर्द्रता शोषक संयंत्र का विकास किया गया है जिसमें सौर विकिरण सीधी फसल पर नहीं पड़तीं।

अप्रत्यक्ष सौर आर्द्रता शोषक संयंत्र में वायु को गर्म करने का कक्ष एवं शोषक कक्ष अलग-अलग होते हैं। इसे चित्र 3.7 में दर्शाया गया है। इसमें एक सौर वायु तापक जमीन पर एक नीचे से खुले डिब्बे से बनाया जाता है। इस डिब्बे को एक आयताकार तथा दो

चित्र 3.7 : अप्रत्यक्ष सौर आर्द्रता शोषक संयंत्र

तिकोनी दीवारों से बनाया जाता है। इसको पारदर्शी प्लास्टिक या काँच की चादर से ढक दिया जाता है। इसका ढलान सूर्य की ओर रखा जाता है। इसके अन्दर की जमीन को या तो काले रंग से पोत दिया जाता है या इसमें धान की भूसी को जला कर बिछा दिया जाता है। इस सौर वायु तापक में ठण्डी एवं शुष्क हवा दक्षिण में बने छिद्रों से अन्दर आती है तथा गर्म होकर उत्तर में बनी झिर्री से ऊपर उठती है। इस झिर्री के ऊपर एक जाली की बनी ट्रे रखी होती है। इस ट्रे के ऊपर एक ऊँची मीनार लगा दी जाती है। मीनार गर्म हवा को ऊपर खींचने में सहायता करती है। जितनी मीनार ऊँची होगी उतनी ही हवा की गति अधिक होगी। ट्रे में सुखाने के लिए फसल आदि पदार्थ रखे जाते हैं। गर्म हवा झिर्री से निकल कर ट्रे में रखे नमी युक्त पदार्थ के सम्पर्क में आती है तथा नमी को भाप के रूप में पदार्थ से बाहर निकालती है। आर्द्र एवं गर्म हवा हल्की होने के कारण मीनार से बाहर निकल जाती है। निरन्तर ठण्डी हवा दक्षिण से सौर वायु तापक में प्रवेश कर तथा गर्म होकर ट्रे में रखे पदार्थों से नमी लेकर मीनार से बाहर

निकलती है। इस प्रकार कुछ समय बाद ट्रे में रखे पदार्थ सूख जाते हैं।

इमारती लकड़ी को भी सौर ऊर्जा से परिपक्व किया जा सकता है। पेड़ों से काटने के बाद लकड़ी में 70-80 प्रतिशत तक नमी हो सकती है। चिरी हुई लकड़ी को उपयोग में लाने से पहले सुखाना एवं परिपक्व करना आवश्यक है। प्रायः लकड़ी को खुले में धूप में सुखाया जाता है जिसमें काफी समय भी लगता है तथा परिपक्वता भी अच्छी नहीं होती। लकड़ी को वाणिज्य संयंत्रों में बिजली अथवा वाष्प से भी परिपक्व किया जा सकता है। परन्तु यह विधि महंगी पड़ती है। सौर ऊर्जा से खुले में सुखाने के मुकाबले कम समय में कम लागत से लकड़ी को अच्छी तरह परिपक्व किया जा सकता है। सौर काष्ठ भट्टियाँ एक लकड़ी या धातु के ढाँचे की तथा ढलवां पारदर्शी छत की बनी होती हैं। सूर्य की ओर की दीवार को प्लाईवुड से बनाकर काले रंग से पोत दिया जाता है जिससे सौर विकिरण का शोषण बढ़ जाये। बाकी सभी दीवारों व छत को प्लास्टिक या कॉच की दो पारदर्शी सतहों से ढक दिया जाता है। इस कोठरी में लकड़ी की ढाल लगाई जाती है। लकड़ी की ढाल एवं छत के बीच में छत से 50-60 सेंटीमीटर नीचे एक काले रंग की धातु की चादर को छत के समानान्तर विकिरण सोखने के लिए लगाया जाता है। चित्र 3.8 में एक सौर काष्ठ भट्टी को दर्शाया गया है। बिजली से चलने वाले पंखों को भट्टी के भीतर वाली दीवार पर ऊपर लगाया जाता है। इन पंखों से हवा को अवशोषक पटल के ऊपर तथा नीचे से घुमाकर अधिक से अधिक गर्म किया जाता है तथा लकड़ी की ढाल में से भी घुमाया जाता है। कुछ वायु निकासों पर नियंत्रण द्वारा हवा की गति को घटाया या बढ़ाया जा सकता है जिसमें भट्टी का तापमान भी बढ़ाया या घटाया जा सकता है। शुरू में लकड़ी में नमी अधिक होती है इसलिए निकासों को खुला रखा जाता है जिससे ठंडी तथा शुष्क हवा अन्दर आती है तथा हवा की गति अधिक एवं तापमान कम रहता है और नमी तेजी से कम होती जाती है। बाद में परिपक्वता के लिए अधिक तापमान की आवश्यकता होती है इसलिए निकासों को बन्द कर के अन्दर की हवा को ही बार-बार टाल में से घुमाया जाता है। परिपक्व लकड़ी में लगभग 12 प्रतिशत नमी होती है। सौर काष्ठ भट्टियों में लकड़ी को परिपक्व करने में लगभग एक माह का समय लगता है। सौर आर्द्रता शोषक संयंत्रों से विभिन्न देशों में काफी, तम्बाकू, मिर्च

आदि महंगी फसलों एवं मछली को सुखाने के प्रयोग भी किये गये हैं।

चित्र 3.8 : सौर काष्ठ भट्टी

सौर कुकर

मानव ने ऊर्जा का उपयोग शायद सबसे पहले भोजन पकाने के लिए किया होगा। आज भी खाना पकाना घरेलू काम का मुख्य अंग है। खाना पकाने के लिए ईंधन की आवश्यकता होती है। गाँवों में ईंधन के रूप में लकड़ी, गोबर के उपले व खेतों की छीजन जैसे अव्यावसायिक ऊर्जा स्रोतों का उपयोग किया जाता है जबकि नगरों में लकड़ी, कोयला, मिट्टी का तेल, बिजली, गैस आदि को खाना पकाने के उपयोग में लाया जाता है। तालिका 3.1 में विभिन्न ईंधनों से प्राप्त ताप ऊर्जा के आँकड़े दिये गये हैं। जहाँ गाँवों तथा कस्बों में लकड़ी को ईंधन के प्रयोग में लाने से लगातार कम होते हुए जंगल, गोबर के उपले जलाने से प्राकृतिक खाद की कमी एवं रसोई में धुएं की समस्या पैदा होती है वहीं नगरों में प्रयोग होने वाले खनिज-ईंधन भण्डार देश में कम होते जा रहे हैं तथा विदेशों से आयातित खनिज तेल मंहगा होता जा रहा है। सौर ऊर्जा के उपयोग से खाना पकाने के लिए ईंधन की आवश्यकता को आंशिक रूप से पूरा किया जा सकता है। यद्यपि सौर चूल्हे से सब प्रकार के व्यंजन नहीं पक सकते और न ही सब समय खाना पकाया

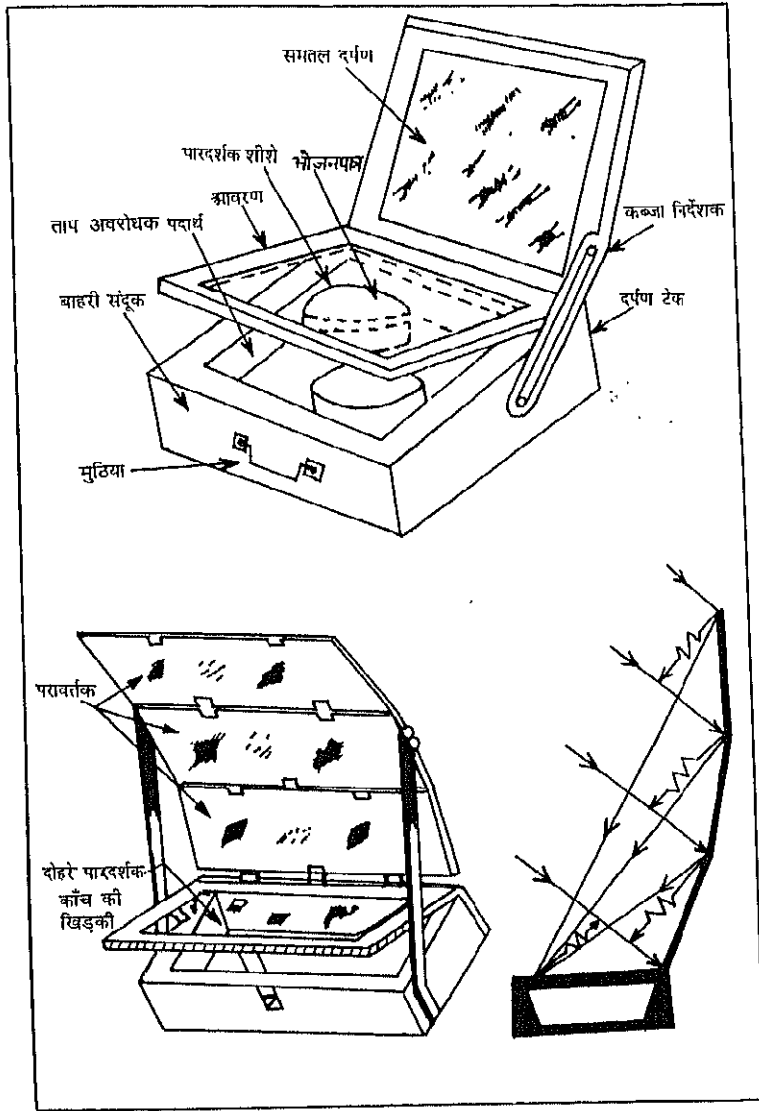
जा सकता है तो भी इनके उपयोग से केवल गाँवों में बड़ी मात्रा में लकड़ी तथा कृषि अवशेषों की बचत हो सकती है। सौर चूल्हे से न तो धूएं की समस्या होती है न ही बर्तन काले होते हैं। सौर चूल्हे में पका भोजन पौष्टिक भी अधिक होता है।

सामान्यत: सौर कुकर दो प्रकार के होते हैं। एक बॉक्सनुमा कुकर होता है जिसे हाट बाक्स के नाम से भी जाना जाता है तथा दूसरा केन्द्रक कुकर होता है । दोनों का विवरण इस प्रकार है।

बाक्सनुमा सौर कुकर जिसे चित्र 3.9 में दिखाया गया है। बाहर से एक डिब्बे के आकार का होता है। इसके अन्दर धातु की एक ट्रे होतीं है जिसे काले रंग से पोत दिया जाता है। इस ट्रे और डिब्बे की दीवारों के बीच में व ट्रे के नीचे एक अच्छे ताप अवरोधी पदार्थ की तह लगाई जाती है। इस डिब्बे का ढक्कन दो पारदर्शी काँच की चादरों से मिलाकर बनाया जाता है। सौर विकिरण काँच के ढक्कन से गुजरती हुई ट्रे पर संग्रहीत होकर ट्रे का तापमान बढ़ाती है। ट्रे के तापमान को अधिक बढ़ाने के लिए एक ढक्कन

तालिका 3.1

विभिन्न ईंधनों की दहन क्षमता व उनसे प्राप्त होने वाली ताप ऊर्जा

ईंधन	दहन क्षमता %	ताप की मात्रा (किलो कैलोरी)	उपयोगी ताप की मात्रा (किलो कैलोरी)
लकड़ी (1 किलोग्राम)	17 00	4700	800
पत्थर का कोयला (1 किलोग्राम)	28.00	6292	1762
लकड़ी का कोयला (1 किलोग्राम)	28 00	6900	1932
गोबर कण्डे (1 किलोग्राम)	11 00	2146	235
कैरोसिन तेल (1 लीटर)	50 00	8960	4480
एल०पी०जी० गैस (1 मीटर^3)	60 00	11650	6990
गोबर गैस (1 मीटर^3)	55 00	4700	2585
विद्युत (किलोवाट)	90 00	860	777
सौर ऊर्जा (वर्ग मीटर प्रतिदिन 6 घंटे)	60 00	4500	2700

चित्र 3.9 : बाक्सनुमा सौर कुकर और उसमें पका खाना

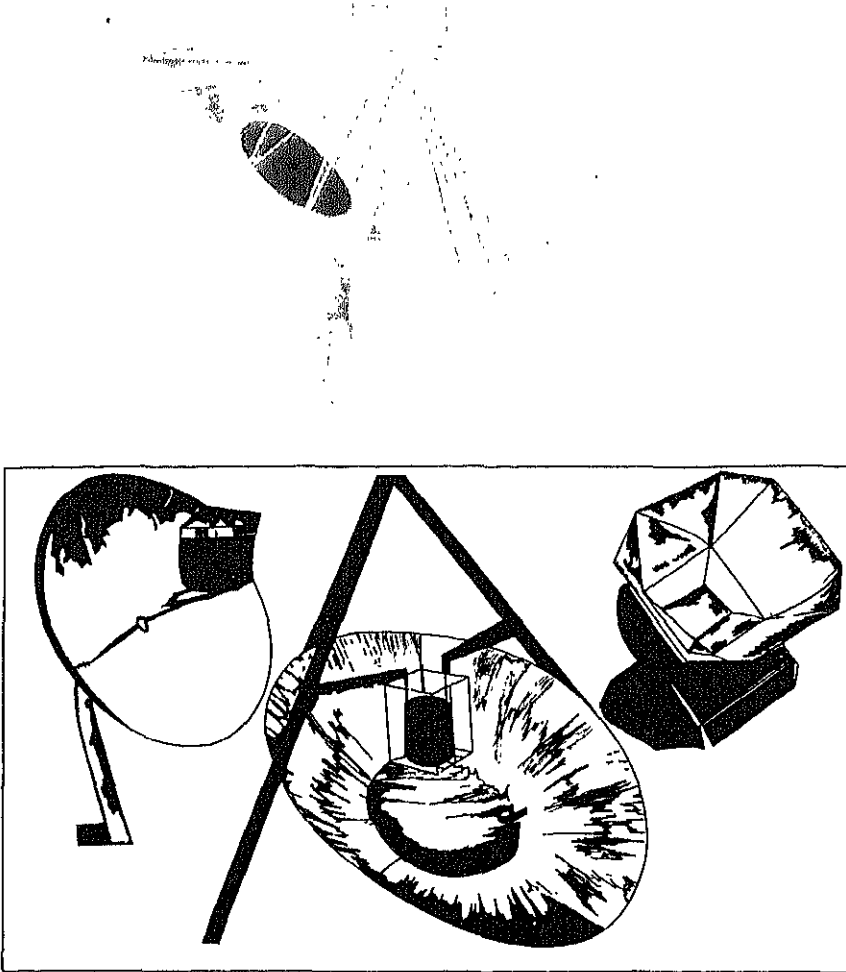
के नाप का साधारण दर्पण भी कब्जों से कुकर के साथ जोड़ा जाता है। इस दर्पण की स्थिति इस प्रकार रखी जाती है कि इस पर पड़ने वाले सौर विकिरण इससे परावर्तन के बाद काली ट्रे पर पड़ें। इससे ट्रे के अन्दर जाने वाली सौर ऊर्जा का परिमाण बढ़ जाता है और तापमान भी उसी अनुपात में बढ़ जाता है। दर्पण के पिछले भाग पर धातु की परत चढ़ा दी जाती है जिससे इस पर मौसम का प्रभाव न हो। यह दर्पण कुकर के मुख्य ढक्कन का काम भी करता है। कच्चा खाना पकाने के लिए अल्यूमीनियम या स्टैनलेस स्टील के बर्तन में ढक कर पारदर्शी काँच के ढक्कन के नीचे ट्रे में रख दिया जाता है। एक साधारण कुकर में चार बर्तन एक साथ आ जाते हैं। इन बर्तनों को भी चारों ओर से काले रंग से पोत दिया जाता है। बिना खाने के कुकर की ट्रे में तापमान 120-130°C तक पहुँच जाता है, परन्तु खाने के साथ कुकर के अन्दर तापमान 95°C तक ही रहता है। यह तापमान भोजन को पकाने के लिए काफी है। परन्तु खाद्य पदार्थों को सौर कुकर में गलने के लिए समय अधिक लगता है। कुकर में भोजन पकाने के लिए यह आवश्यक है कि सौर कुकर के दर्पण का मुख सदैव सूर्य की ओर हो, अन्यथा कुकर की अपनी छाया से ही ट्रे में सौर विकिरण के कम होने की स्थिति उत्पन्न हो जाती है तथा तापमान कम हो जाता है और खाना पकने में अधिक समय लगता है।

बक्सेनुमा सौर कुकर में अधिकतर भारतीय व्यंजन पकाये जा सकते हैं। अधिकतर व्यंजनों को पकाने में 2 से 4 घंटे तक का समय लगता है। एक समय में चार व्यंजन पकाये जा सकते हैं। इस कुकर में दाल, चावल, साग-सब्जी, खीर, केक, माँस, मछली, काबली चने, राजमा, ढोकला, सांभर आदि आसानी से पकाये जा सकते हैं । कुछ विशेष व्यंजन जैसे दूध की रबड़ी, गाजर का हलुआ, बेसन के लड्डू, टमाटर की चटनी, पिज्जा, नान खटाई आदि भी आसानी से पकाये जा सकते हैं। घी का छौंक पहले ही अलग से भून कर कुकर में सब्जी रखने के समय में या फिर बाद में मिलाया जा सकता है। परन्तु इसमें चपाती नहीं बन सकती। सौर कुकर में बना खाना अधिक पौष्टिक होता है क्योंकि इसमें खाना धीमी गति से कम तापमान पर पकता है जिसके कारण विटामिन, प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, मिनरल्स आदि कम मात्रा में नष्ट होते हैं। सौर कुकर से किसी प्रकार की दुर्गन्ध या धुआँ भी नहीं निकलता, जिससे पर्यावरण भी दूषित नहीं होता। गाँवों

में लकड़ी, उपले आदि के जलाने से उत्पन्न धुएँ के कारण बहुत सी गृहणियों की आँखों पर बहुत बुरा प्रभाव पड़ता है। सौर कुकर के उपयोग से इन्हें धुएँ से छुटकारा मिल जाता है।

सौर कुकर से बादल भरे मौसम या शाम के समय खाना नहीं पकाया जा सकता। इसलिए हाईब्रिड सौर कुकर का विकास किया गया है। इन संयंत्रों में कुकर के अन्दर बिजली से गर्म करने की सहायक व्यवस्था की जाती है। कुकर के अन्दर तापमान कम होने की स्थिति में बिजली से गर्म होने की व्यवस्था अपने आप चालू हो जाती है तथा धूप के तेज हो जाने पर यह व्यवस्था अपने आप बंद हो जाती है। इस प्रकार कुकर के अन्दर एक निश्चित तापमान बना रहता है। इससे कुकर को मौसम की अनिश्चितता से छुटकारा मिल जाता है। विद्युत हीटर की क्षमता 100-200 वाट तक होती है।

सौर कुकर में दिन में पके खाने को कुकर का ढक्कन बंद करके उसमें रखने से शाम तक खाने के लिए गर्म रखा जा सकता है। बाक्सनुमा सौर कुकर से खाना पकाने में निम्नलिखित बातों का ध्यान रखना चाहिये :

1. सौर कुकर को अधिक से अधिक सौर धूप में रखना चाहिए तथा 20-25 मिनट के अन्तर से उसकी स्थिति को बदलते रहें ताकि उस पर छाया न हो तथा दर्पण से टकराकर अधिकतम विकिरणें कुकर पर पड़ें।
2. भोजन पकाने में जितने पानी की आवश्यकता हो उतना ही उपयोग करें।
3. सब्जियों को साफ करके छोटे-छोटे टुकड़ों में काटें। हरी सब्जी पानी के बिना ही बनायें।
4. खाना पकाने के समय डिब्बों को बन्द रखें तथा पिज्जा, डबल रोटी, केक या सूखी सब्जी के लिए डिब्बे खुले रखें।
5. दाल, चावल, चना, राजमा पहले से भिगोकर रखें।
6. कुकर के पारदर्शी ढक्कन को दोनों तरफ से साफ करके खाना पकाने के समय कसकर बन्द कर दें तथा खाना पकने के बाद ही खोलें।
7. खाना पक जाने के बाद सावधानी से खाना निकालें अन्यथा भाप व बर्तन की गर्मी से हाथ जल सकता है।

चित्र 3.10 : सौर केन्द्रक कुकर

8. कुकर से खाना निकालने के बाद कुकर के काँच को खोलकर रखें, जब कुकर ठंडा हो जाये तो बन्द करके रखें। ट्रे को साफ रखें, दर्पण को भी सूखे कपड़े से साफ कर देना चाहिए।

सौर केन्द्रक कुकर

इस प्रकार के कुकर में सौर ऊर्जा को केन्द्रित करके कई सौ डिग्री सेल्सियस तापमान प्राप्त किया जा सकता है। सौर केन्द्रक कुकर को चित्र 3.10 में दिखाया गया है। केन्द्रक को हमेशा सूर्य की ओर तथा खाना पकाने वाले बर्तन को उसके केन्द्र पर रखना अति आवश्यक है। केन्द्रक का काम एक परवलीय आकार के दर्पण से लिया जाता है। इस दर्पण का काम अल्यूमीनियम या किसी अन्य चमकीली एवं पॉलिश की हुई 1-1. 5 मीटर व्यास और 30 सेन्टीमीटर गहराई वाली टोकरी से लिया जाता है। खाना पकाने के बर्तन को रखने के लिये इस टोकरी के केन्द्र पर एक लोहे का गोलाकार आधार बनाया जाता है जिसे इस टोकरी से जोड़ दिया जाता है। इस संकेन्द्रक को सूर्य की ओर घुमाने के लिए एक बाल बेयरिंग लगे लोहे के आधार पर रखा जाता है। ऐसे कुकर में सौर विकिरण दर्पण से परावर्तित होकर बर्तन की तली पर केन्द्रित होती है। इसलिए बर्तन की तली का ही काला होना आवश्यक है। इस प्रकार के केन्द्रक कुकर में प्रेसर कुकर का उपयोग भी किया जा सकता है। सौर केन्द्रक कुकर में रोटी भी पकाई जा सकती है तथा तलने का काम भी किया जा सकता है। लेकिन इस प्रकार के सौर कुकरों में खाना पकाने के लिए खाना बनाने वाले व्यक्ति को बाहर धूप में खड़ा रहना पड़ता है तथा एक विशेष सावधानी यह रखनी होती है कि सौर विकिरण आँख या मुख के अन्य भाग पर न पड़े क्योंकि इससे आँखों के खराब होने का भय रहता है। इस प्रकार की कठिनाइयों के कारण इस सौर कुकर का प्रचलन अधिक नहीं हो पाया। इस प्रकार का कुकर सभी प्रकार के खाना बनाने में काम आ सकता है।

सौर आसवन

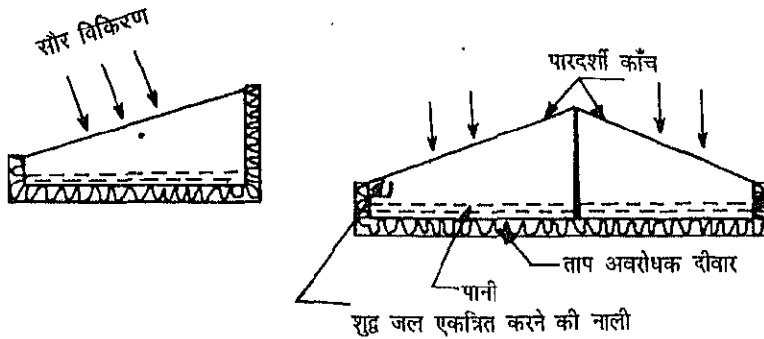
यद्यपि पानी मनुष्य की मुख्य आवश्यकता है तो भी संयुक्त राष्ट्र संघ के अनुसार

विश्व में लगभग 200 करोड़ लोगों को स्वच्छ पेय जल हर समय उपलब्ध नहीं होता। इन्हें अधिकतर खारे या प्रदूषित जल को पीकर ही गुजारा करना पड़ता है। इससे इन क्षेत्रों में स्वास्थ्य संबंधी गंभीर समस्यायें रहती हैं। पेय जल में 50 भाग प्रति लाख से अधिक लवण की मात्रा नहीं होनी चाहिए। खारे या गन्दे पानी को अनेक विधियों में शुद्ध किया जा सकता है। इनमें से कुछ प्रमुख विधियाँ निम्न हैं :

1. आसवन
2. विपरीत परासरण
3. विद्युत अपोहन

सौर ऊर्जा से गन्दे एवं खारे पानी को आसवित करके शुद्ध जल में परिवर्तित करना एक सरल विधि है। सौर आसवन विधि को ऐसे स्थानों में उपयोग में लाया जा सकता है जहाँ :

- खारे एवं गन्दे जल के भण्डार तो हों लेकिन शुद्ध पेय जल उपलब्ध न हों,
- सौर विकिरण बहुतायत में हो, तथा
- व्यावसायिक ऊर्जा मंहगी हो या न हो।

सौर आसवन संयंत्र का निर्माण सर्वप्रथम डेला पोर्ट नाम के वैज्ञानिक ने 1589 में खारे पानी को पेय जल में बदलने के लिए किया। बाद में फ्रांस के वैज्ञानिक लैवेशियर तथा भाउचोट ने भी सौर आसवन पर अनुसंधान किये। सौर आसवन के संयंत्र का जो डिजाइन आज भी प्रचलित है उसे स्वीडन के वैज्ञानिक कार्लोस विलसन ने 1872 में नाइट्रेट की खानों में काम करने वाले मजदूरों को पेय जल उपलब्ध कराने के लिए बनाया था। प्रथम विश्व युद्ध के समय पेय जल की आपूर्ति के लिए सौर आसवन का काफी प्रचलन हुआ तथा उस समय बहुत से आसवन संयंत्रों के डिजाइनों का आविष्कार हुआ। द्वितीय विश्व युद्ध के समय मारिया टेल्कस ने अमेरिका के जल एवं वायु सैनिकों को प्लास्टिक के सौर आसवन संयंत्र दिये। आस्ट्रेलिया के वैज्ञानिक कूपर ने सत्तर के दशक में अनेकों आधुनिक सौर आसवन संयंत्रों की संरचना की। भारत में भी बहुत से

चित्र 3.11 : सौर आसवन संयंत्र

वैज्ञानिकों ने सौर आसवन संयंत्रों के सरल, सस्ते एवं दक्ष डिजाइन बनाये। संसार में बड़े-बड़े सौर आसवन संयंत्र लगाये गये हैं। भारत में गुजरात के भावनगर के निकट अवानिया गाँव में 5,000 लीटर प्रतिदिन पेय जल देने वाला सौर आसवन संयंत्र 1978 में लगाया गया था।

अशुद्ध जल को वाष्पीकृत करके दोबारा तरल में बदल कर शुद्ध पेयजल प्राप्त किया जा सकता है। किसी भी तापमान पर तरल पदार्थ के साथ उसके वाष्प अवश्य होते हैं। जितना तापमान अधिक होगा उतने ही वाष्प अधिक होंगे। सौर आसवन इसी सिद्धांत पर् काम करता है। सौर आसवन संयंत्र में मुख्य रूप से निम्नलिखित 3 अंग होते हैं :

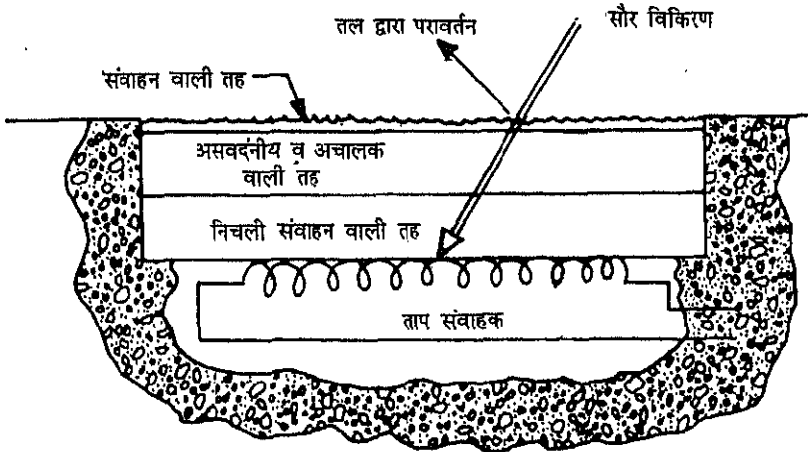
1. सबसे ऊपर पारदर्शी काँच अथवा प्लास्टिक का ढक्कन,
2. दूषित या खारा पानी रखने की ट्रे जिसकी अन्दर वाली सतह काले रंग से पुती हो, तथा
3. शुद्ध जल को इकट्ठा करने की नाली।

साधारण प्रकार के सौर आसवन संयंत्र को चित्र 3.11 में दर्शाया गया है। सौर विकिरण पारदर्शी ढक्कन से गुजरती हुई ट्रे में रखे हुए पानी पर पड़ती है। कुछ विकिरण तो पानी द्वारा सोख ली जाती है बाकी ट्रे की काली तली पर शोषित हो जाती है। विकिरण के शोषण से पानी गर्म होकर धीरे-धीरे वाष्प में बदल जाता है। ये वाष्प कण जब पारदर्शी ढक्कन की अन्दर वाली ठण्डी सतह से टकराते हैं तो छोटी-छोटी बूंदों में परिवर्तित हो जाते हैं । ये बूंदें धीरे-धीरे ढलान के साथ नीचे आकर पारदर्शी ढक्कन के नीचे लगी नाली में एकत्रित हो जाती हैं। नाली से शुद्ध पानी बहकर बाहर जाता है जिसको एकत्रित किया जा सकता है.। इस प्रकार के सौर आसवन संयंत्र से 3 से 4 लीटर शुद्ध पेय जल प्रतिदिन प्रति वर्ग मीटर प्राप्त किया जा सकता है।

सौर आसवन संयंत्र में कुछ समय के पश्चात् ट्रे में लवण, काई तथा गंदगी जम जाती है। इसलिए ट्रे को थोड़े समय के अन्तराल पर साफ करना आवश्यक होता है। सौर आसवन संयंत्रों को पेयजल उपलब्ध कराने के अतिरिक्त बैटरी में डालने का पानी, प्रयोगशालाओं में आसवित जल प्राप्त करने, आदि कामों में भी लाया जा सकता है।

सौर ताल

सौर ताल का विचार खारे जल की कुछ झीलों में पाये जाने वाले तापमान के अन्तर से उत्पन्न हुआ। इन झीलों के पानी में लवण का घनत्व ऊपर से नीचे की ओर

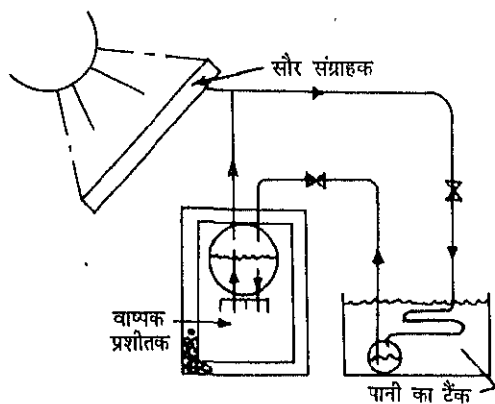
बढ़ता है। नीचे का जल काफी गाढ़ा होता है। जब सौर विकिरण इस प्रकार की झीलों पर पड़ती है तो यह ऊपर के पानी से गुजरती हुई झील की तली में शोषित हो जाती है। जिससे तली का पानी गर्म हो जाता है। साधारणत: मीठे पानी की झील में यह पानी गर्म होकर हल्का हो जाता है तथा संवाहन की क्रिया से ऊपर आ जाता है तथा परिवेश के सम्पर्क में आने से ठंडा हो जाता है। परन्तु ऊपर वर्णित झीलों में तली के पानी में लवण की मात्रा अधिक होने से तली का पानी भारी होता है तथा गरम होने के बावजूद संवाहन क्रिया से ऊपर नहीं आ पाता तथा ताप ऊर्जा का ह्रास होने से बच जाता है। यदि इस प्रकार की झीलों में पानी को अधिक नहीं हिलाया जाये तो तली के पानी का तापमान 100°C तक पहुँच जाता है और उबलने लगता है। सौर ताल इसी सिद्धांत पर बनाये जाते हैं। इन्हें असंवहनीय सौर ताल भी कहते हैं। एक असंवहनीय सौर ताल को चित्र 3.12 में दर्शाया गया है। सौर ताल में सबसे अधिक अनुसंधान इसराइल में प्रसिद्ध वैज्ञानिक टैबोर द्वारा किया गया है।

चित्र 3.12 : असंवहनीय सौर ताल

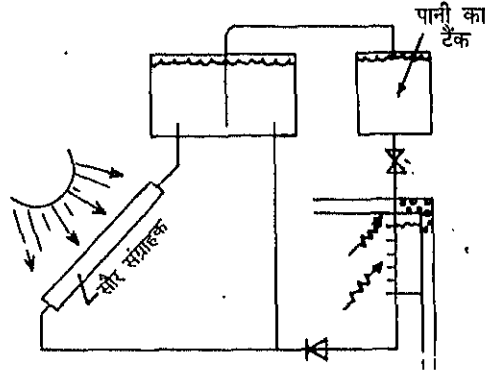
कृत्रिम सौर ताल में मुख्यत: जमीन को खोदकर एक बड़ा गड्ढा बनाया जाता है। प्राय: इसके नीचे के क्षेत्रफल को ऊपर के क्षेत्रफल से कम रखा जाता है जिससे ऊपरी सतह पर अधिक सौर विकिरण संग्रहीत हो। गड्ढे की दीवारों तथा तली पर तापरोधी पदार्थ की लाइनिंग लगाई जाती हैं। इस लाइनिंग के दो मुख्य काम हैं। एक तो यह ताप ऊर्जा को ताल से जमीन में जाने से रोकती है तथा दूसरा लवण को भी जमीन में जाने से रोकती है। इस लाइनिंग का रंग काला होना चाहिए जिससे अधिक से अधिक सौर विकिरण शोषित हो सके। लवण का घोल बनाने के लिए मुख्यत: मैग्नीशियम क्लोराइड, सोडियम क्लोराइड या सोडियम नाइट्रेट जैसे लवणों का प्रयोग किया जाता है। सौर ताल के पानी में ऊपरी तल में लवण की सांद्रता लगभग शून्य के बराबर होती है तथा तली में लवण का संतृप्त घोल होता है। समय के साथ घोल की सांद्रता का अन्तर विसरण (Diffusion) से धीरे-धीरे कम होता जाता है जिसे ऊपरी सतह पर शुद्ध पानी की धारा तथा तली में लवणीय संतृप्त घोल प्रवाहित करके बनाये रखा जाता है। ऊर्जा दोहन सौर ताल की तली में एक ताप संवाहक में तरल को प्रवाहित करके किया जाता है। सौर ताल से प्राप्त होने वाली ऊर्जा से ठंडे प्रदेशों में भवनों को गरम करने के लिये तथा विद्युत ऊर्जा उत्पादन के लिए उपयोग में लाया जा सकता है।

सौर शीतलीकरण

भारत जैसे बहुत विकासशील देशों में शीतलीकरण एक मुख्य आवश्यकता है। सौर ऊर्जा से शीतलीकरण निष्क्रिय एवं सक्रिय दोनों पद्धतियों से किया जा सकता है। यहॉं पर हम सक्रिय पद्धति से शीतलीकरण का विवरण करेंगे। सक्रिय पद्धति में या तो साधारण शीतलीकरण संयंत्रों को सौर फोटोवाल्टाइक विधि से विद्युत प्रदान की जाती है अथवा यह ऊष्मागति सिद्धान्तों पर आधारित है। सौर ऊष्मागति शीतलीकरण अधिकतर अवशोषण चक्र (ठोस या द्रव) के नियम पर आधारित है।

ठोस अवशोषण शीतलीकरण में दिन में अमोनिया जैसी गैस को सौर संग्राहक में भरे कैल्शियम क्लोराइड जैसे शोषक पदार्थ से सूर्य की गर्मी के द्वारा बाहर निकाला जाता है। इस गैस को पानी की एक टंकी से ठंडा करके तरल में बदलकर वाष्प देने वाले कक्ष

में पहुँचा दिया जाता है। रात को ठंड से संग्राहक के ठंडा होने से दबाव कम हो जाता है तथा अमोनिया तरल -12°C तापमान पर उबल कर वाष्प में बदल जाती है। इससे जो ठंडक प्राप्त होती है उससे लगभग 8-9 किलोग्राम बर्फ प्रतिवर्ग मीटर संग्राहक से जमाई जा सकती है। अमोनिया गैस इसके बाद दोबारा से संग्राहक में आकर कैल्शियम क्लोराइड में अवशोषित हो जाती है तथा अगले दिन के चक्र के लिए तैयार हो जाती है। ठोस अवशोषण शीतलीकरण का रेखाचित्र चित्र 3.13 में दिखाया गया है।

चित्र 3.13 : ठोस अवशोषण शीतलीकरण

तरल अवशोषण शीतलीकरण में अमोनिया गैस को पानी और तरल अमोनिया के घोल से दिन में सौर संग्राहक में उबाल कर बाहर निकाला जाता है। अमोनिया गैस को तरल में बदल कर रात तक रखा जाता है जब तक कि सौर संग्राहक में ठंड के कारण दबाव कम नहीं हो जाता। तरल अमोनिया को तब वाष्प बनाने वाले कक्ष में गुजारा जाता है जहाँ यह -12°C तापमान पर उबल जाता है। इससे जो ठंडक प्राप्त होती है उससे 5 किलोग्राम बर्फ प्रति वर्ग मीटर संग्राहक से रात भर में प्राप्त की जा सकती है। अमोनिया गैस फिर से पानी में घुलकर अगले दिन के चक्र के लिए तैयार हो जाती है। चित्र 3.14 में इस पद्धति को दर्शाया गया है।

चित्र 3.14 : तरल अवशोषण शीतलीकरण

सौर अवशोषण शीतलीकरण पद्धति में एक शोषक तथा दूसरा शोषित पदार्थ होता है। इस प्रकार के कुछ पदार्थ तालिका 3.2 में दिये गये हैं। सौर अवशोषण शीतलीकरण संयंत्रों का कार्यक्षमता गुणांक काफी कम रहता है व इन संयंत्रों की कीमत भी बहुत अधिक है। इसलिए इन संयंत्रों का प्रचलन अधिक नहीं हो पाया।

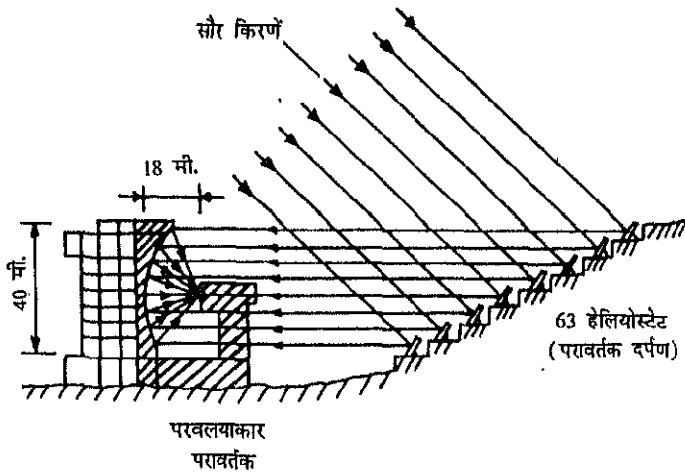
तालिका 3.2

वाष्प अवशोषक पद्धति से शीतलता प्राप्त करने में काम आने वाले पदार्थ

शोषित अथवा कार्यकर्ता पदार्थ	शोषक पदार्थ
पानी	लीथियम ब्रोमाइड, आयोडाइड, कैल्शियम क्लोराइड आदि।
अमोनिया	पानी, कैल्शियम क्लोराइड, लीथियम नाइट्रेट आदि।
हैलोजन युक्त कार्बनिक पदार्थ जैसे फ्रियान	ईथर, ईस्टर, अमाइड, अमीन आदि।

सौर भट्टी

सौर भट्टियाँ वैज्ञानिक अनुसन्धान के लिए उच्च तापमान प्राप्त करने के लिए प्रयोग में लाई जाती हैं। प्रथम सौर भट्टी पेरिस में 1878 में आंगसट माउचोट द्वारा बनाई गई। इससे पहले लेवेशियर ने 1774 में आदम कद काँच के लैंस से अपने अनुसंधान कार्य में उपयोग के लिए एक सौर भट्टी का निर्माण किया।

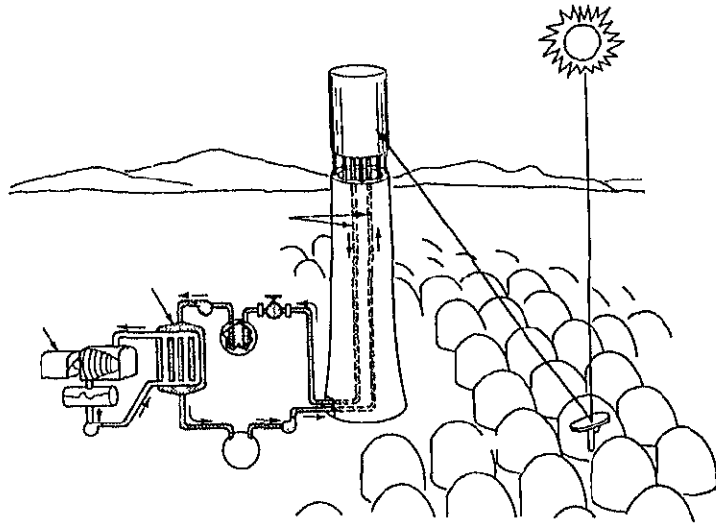
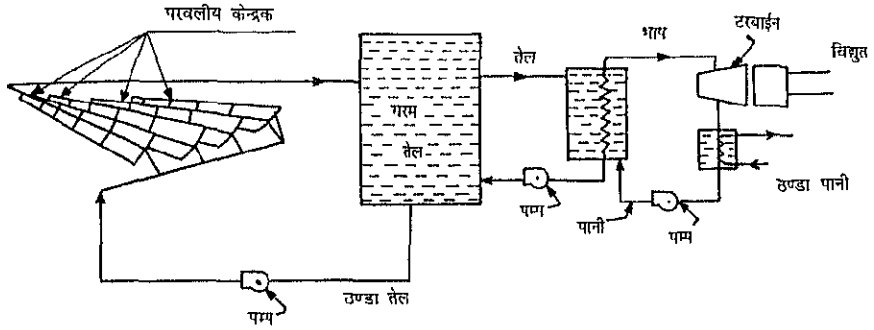
अधिकतर सौर भट्टियों में बड़े परावलिय दर्पणों से सौर विकिरण को एक छोटे से (कुछ वर्ग सेंटीमीटर) स्थान पर केन्द्रित किया जाता है। इस लक्ष्य स्थान पर काफी अधिक तापमान प्राप्त किया जा सकता है। 3000⁰C से अधिक तापमान सौर भट्टियों में प्राप्त किये जा चुके हैं। सौर भट्टियों में केवल छोटे से क्षेत्रफल में ही उच्च तापमान प्राप्त किया जा सकता है। यह सौर भट्टियों की मुख्य कमजोरी है। सौर भट्टियों के मुख्य लाभों में बहुत उच्च तापमान बिना किसी धुएं के प्राप्त करना है। इसमें विद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्रों (field) का भी कोई प्रभाव नहीं होता। गर्म करने के स्थान को किसी गैस से भी भरा जा सकता है। तापमान पर भी नियंत्रण किया जा सकता है। सौर

चित्र 3.15 : सौर भट्टी

भट्टियाँ, सिरामिकों तथा अन्य पदार्थों की उच्च तापमान पर विशेषताओं के अध्ययन के लिए बहुत उपयोगी सिद्ध हुई हैं। चित्र 3.15 में सौर भट्टी को दर्शाया गया है। सौर भट्टी से उच्च दबाव व उच्च तापमान पर वाष्प बनाकर विद्युत पैदा की जा सकती है।

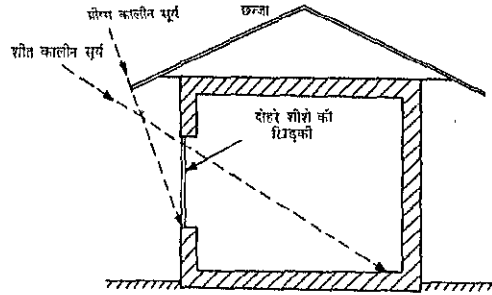
सौर तापीय ऊर्जा से विद्युत

विद्युत पैदा करने के लिए उच्च तापमान एवं उच्च दबाव वाली पानी की भाप से टरबाइन चलाई जाती है। सौर ऊर्जा से भी इस प्रकार की भाप बना कर विद्युत पैदा की जा सकती है। फ्राँस में सबसे पहले 1950 में बड़े-बड़े केन्द्रकों से सौर तापीय ऊर्जा से विद्युत बनाई गई। अमरीका में 70 तथा 80 के दशकों में बहुत से सौर तापीय ऊर्जा से चलने वाले विद्युत घर बनाये गये। इनमें परवलीय दर्पणों के द्वारा 400°C तक के तापमान का गर्म तेल प्राप्त किया जाता है। इस गर्म तेल से 300°C पर पानी की भाप बनाकर तथा टरबाइन चलाकर विद्युत पैदा की जाती है। इस प्रकार के विद्युत घर जिनकी क्षमता 13.5MW से लेकर 80MW तक है, अमरीका में विद्युत बना रहे हैं। इस प्रकार का सौर तापीय विद्युत घर अपारंपरिक ऊर्जा स्रोत मंत्रालय के सौर ऊर्जा केन्द्र में 1989 में लगाया गया है जिसकी क्षमता 50kW है। एक दूसरे प्रकार के सौर तापीय विद्युत घर में सौर शोषक एक ऊँची चिमनी के ऊपर रखा रहता है जिसके ऊपर इस चिमनी के चारों ओर लगे दर्पणों से सौर विकिरण को केन्द्रित किया जाता है। इस सौर शोषक में तेल को गर्म करके अथवा सोडियम को पिघला करके उनकी गर्मी से पानी की भाप बनाकर तथा टरबाइन चला कर विद्युत पैदा की जाती है। इस प्रकार का सौर विद्युत घर इटली के द्वीप सिसली में कई वर्षों से काम कर रहा है। इस सौर विद्युत घर को चित्र 3.16 में दर्शाया गया है।

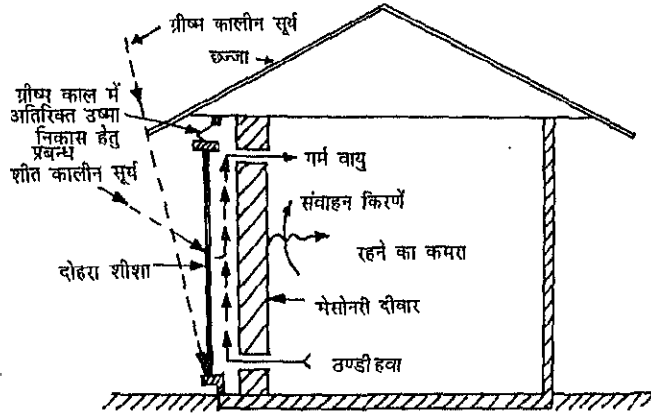
निष्क्रिय सौर वास्तुकला युक्तियाँ

विकसित एवं कुछ विकासशील देशों में भवनों को सर्दियों में गर्म करने तथा गर्मी में ठंडा करने के लिए बहुत मात्रा में ऊर्जा का व्यय होता है। वास्तुकला में उचित ध्यान रखने से सौर ऊर्जा से बिना किसी प्रयास के भवनों को काफी हद तक वातानुकूल रखा

चित्र **3.16** : सौर विद्युत घर

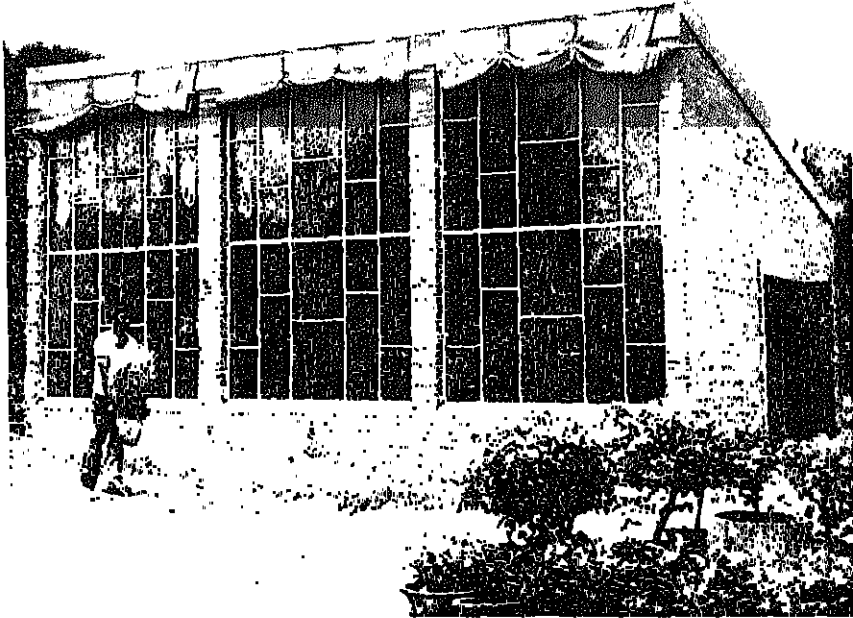
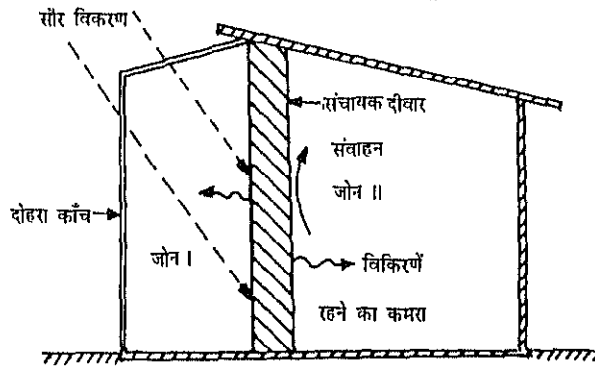
जा सकता है। सौर ऊर्जा से भवनों को गर्म करने की पाँच मुख्य निष्क्रिय युक्तियाँ हैं।

1. *प्रत्यक्ष ऊर्जा उपलब्धि* : इसमें भवन को मोटी दीवारों से बनाया जाता है ताकि गर्मी में सौर ऊर्जा इन दीवारों द्वारा शोषित हो जाये तथा अन्दर के वातावरण को अधिक गर्म न करे तथा दीवारों के मोटा होने के कारण सर्दियों में दीवारों की गरमी से अन्दर का वातावरण अधिक ठण्डा न हो। साथ ही इन भवनों में दक्षिण की दीवारों में बड़ी-बड़ी शीशे की खिड़कियाँ भी लगाई जाती हैं जिनसे सर्दियों में सीधी धूप अन्दर आकर फर्श, दीवारों एवं छतों को गरम करती है। प्रत्यक्ष ऊर्जा उपलब्धि युक्ति को चित्र 3.17 में दर्शाया गया है।

चित्र **3.17** : प्रत्यक्ष ऊर्जा उपलब्धि युक्ति

2. *ताप संचयी दीवारें* : इस युक्ति में दक्षिण वाली दीवार को काला करके काँच या पारदर्शी प्लास्टिक से ढक दिया जाता है जिससे यह दीवार एक प्रकार से सौर संग्राहक बन जाती है । दीवार और काँच के बीच में हवा स्वत: प्रवाहित करके इस ऊर्जा को भवन गर्म करने के लिए उपयोग में लाया जा सकता है। इस प्रकार की दीवारों को ट्रोम्ब दीवारें कहते हैं तथा इन्हें चित्र 3.18 में दर्शाया गया है।

3. *सम्बद्ध हरित घर* : हरित घर एक ऐसे घर या कमरे को कहते हैं जिसकी छत तथा कम से कम एक दीवार जो दक्षिण की ओर हो वह काँच या पारदर्शी प्लास्टिक की बनी होती है। एक से अधिक दीवारें पारदर्शी पदार्थ से बनी हो

चित्र 3.18 : ताप संचयी दीवार

सकती हैं। परन्तु साधारणतः उत्तर की ओर की दीवार साधारण सामान से बनी तथा ताप अवरोधी पदार्थ से ढकी होती हैं क्योंकि उत्तर से सूर्य की विकिरण नहीं आती। सौर संग्राहक की तरह काँच आदि से सौर विकिरण तो गुजर जाती है परन्तु अन्दर की गर्मी बाहर नहीं निकल पाती। इस प्रकार अन्दर का वातावरण गर्म हो जाता है। हरित घर को मुख्य रूप से ठण्डे प्रदेशों में गर्मी की फसलों आदि को उगाने के काम के लिए उपयोग में लाया जाता है। परन्तु यदि ऐसे हरित घर को किसी भवन से इस तरह जोड़ा जाये कि भवन हरित घर की उत्तर वाली दीवार की जगह जुड़ जाय तो हरित घर की गर्म वायु पूरे भवन में प्रवाहित होकर पूरे भवन को गर्म कर देगी। भवन को गर्म करने के साथ हरित घर में ऊष्म प्रदेशों के विशेष पेड़-पौधे भी सुरक्षित रखे जा सकते हैं। चित्र 3.19 में ऐसे ही एक हरित घर के साथ सम्बन्धित भवन को दिखाया गया है।

4. *ताप संचयी छत* : यह युक्ति ताप संचयी दीवारों की तरह ही काम करती है। इस युक्ति में पानी को पारदर्शी या काले प्लास्टिक के थैलों में भर कर छत पर फैला दिया जाता है। सर्दियों में, सौर विकिरण से दिन में पानी गर्म हो जाता है जो रात में अथवा सूर्य के न होने के समय छत के नीचे कमरों को गर्म रखता

चित्र 3.19 : सम्बन्धित हरित घर

है। पानी के थैलों की गर्माहट अधिक समय तक बनी रहे, इसके लिए उसके ऊपर रात के समय एक ताप अवरोधक डाल दिया जाता है।

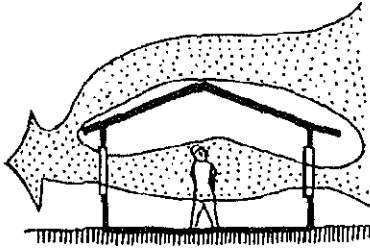
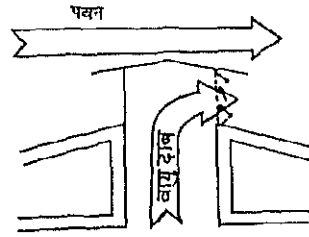
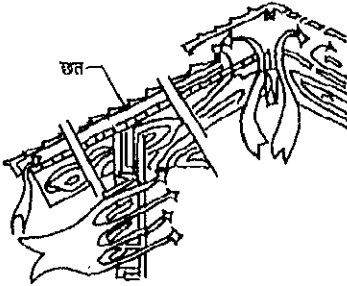
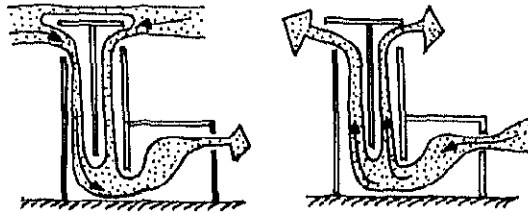
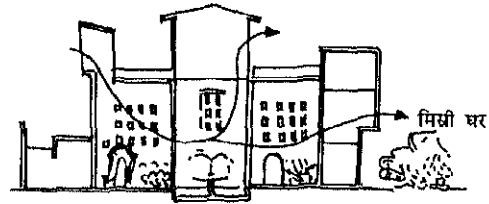
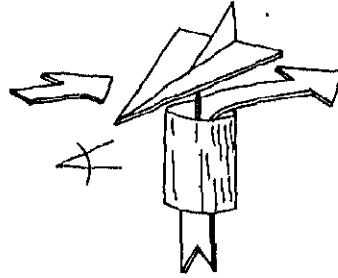
5. *संवालित चक्र* : इस युक्ति में सौर वायु तापक का उपयोग किया जाता है परन्तु गर्म वायु को भवन के अन्दर प्रवाहित करने के लिए किसी प्रकार के पम्प अथवा विद्युत ऊर्जा की सहायता नहीं ली जाती। सौर वायु तापक द्वारा गर्म हवा संवातन द्वारा भवन में प्रवाहित की जाती है जिससे भवन के अन्दर आरामदायक तापमान रखने में सहायता मिलती है।

भवनों को सौर निष्क्रिय वास्तुकला द्वारा गर्म करने की और भी बहुत सी युक्तियाँ हैं। परन्तु उन का उल्लेख यहाँ नहीं करेंगे।

निष्क्रिय ठण्डा करने की युक्तियाँ

सौर ऊर्जा से कई निष्क्रिय युक्तियों के द्वारा भवनों को गर्मी के मौसम में ठण्डा रखने में भी सहायता मिलती है। मुख्य रूप से चार युक्तियों से भवनों को ठण्डा रखा जा सकता है :

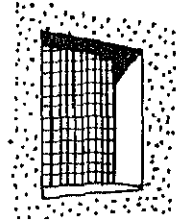
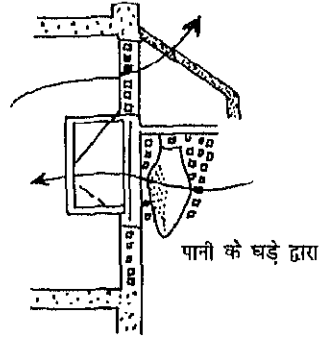
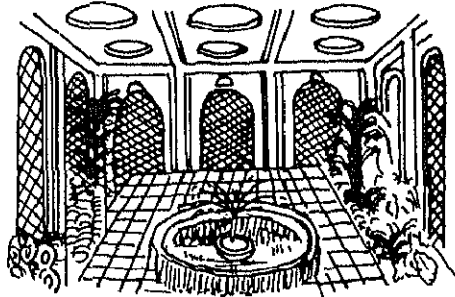
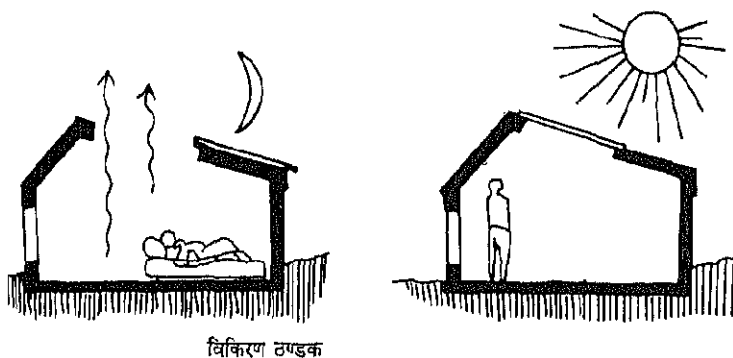
1. संवातन के द्वारा हवा का प्रवाह बढ़ाना,
2. वाष्पन एवं जल शुष्कन के द्वारा आर्द्रता पर नियंत्रण रखना,
3. विकिरणी ठण्डक के तरीकों से ऊर्जा हानि को बढ़ाना, एवं
4. ताप चालक युक्तियों से ऊर्जा हानि को बढ़ाना।

संवातन के द्वारा हवा का प्रवाह बढ़ाने में खिड़कियों की मुख्य भूमिका है। ठंडी हवा खिड़कियों के द्वारा अन्दर आती है तथा भवन की गर्मी लेकर छत में बने रोशनदानों से बाहर निकल जाती है। इसलिये खिडकियों तथा रोशनदानों के उचित डिजाइनों से भवनों को ठण्डा रखा जा सकता है। प्राकृतिक संवातन के साथ-साथ संवातन को कई युक्तियों के द्वारा प्रेरित भी किया जा सकता है। गुम्बद या चिमनी की सहायता से बाहर तथा अन्दर के वायु दबाव के अन्तर से संवातन को बढ़ाया जा सकता है। वायु संग्राहक (Wind catcher) भी संवातन को बढ़ाने में सहायक होते हैं। चित्र 3.20 में संवातन द्वारा हवा का प्रवाह बढ़ा कर ठण्डा करने की कुछ युक्तियों को दर्शाया गया है। गर्म एवं

चित्र 3.20 : ठंडा करने की संवातन युक्तियाँ

रेगिस्तानी प्रदेशों में वाष्पन से ठण्डा करने के तरीके बहुत ही सफल होते हैं। सबसे सरल तरीकों में पानी से भिगोये हुए पर्दे, चिक आदि को खिड़कियों में लटकाना है। जब बाहर से गर्म हवा इन गीले पर्दों से गुजरती है तो पर्दों की नमी ले लेती है तथा ठण्डी होकर भवनों को ठण्डा कर देती है। डैजर्ट कूलर इसी सिद्धांत पर काम करते हैं । वाष्पन से ठण्डा करने के दूसरे तरीकों में छत पर पानी का तालाब बनाना, फव्वारे लगाना, पेड़-पौधे लगाना, आदि हैं।

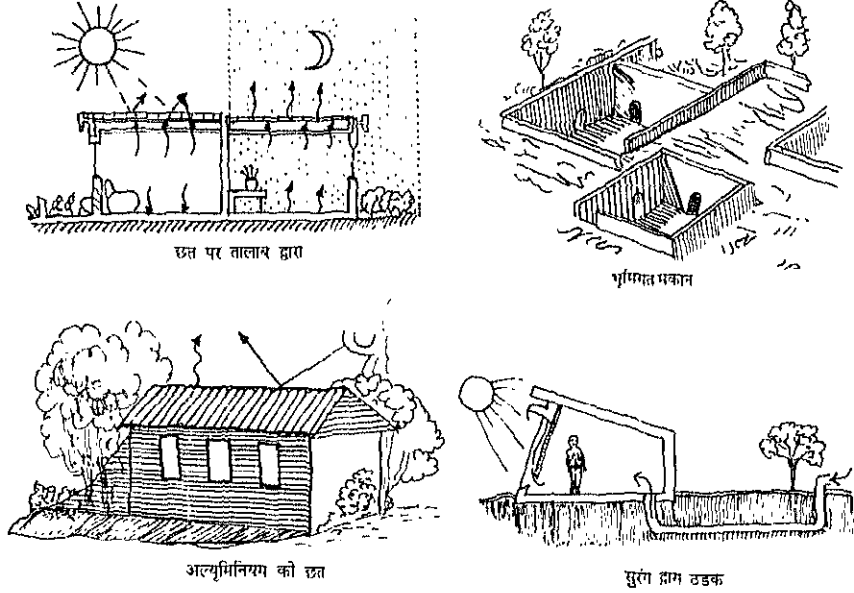
नमी वाली गर्म हवा में शरीर से निकला पसीना नहीं सूखता जिससे शरीर को ठण्डक नहीं पहुँचती इसलिए जल शुष्कक पदार्थों जैसे लवण, नारियल की छाल (Coconut husk) या लकड़ी के कोयले, आदि के द्वारा हवा में नमी कम की जा सकती है। इससे शरीर से निकलने वाला पसीना सूख कर शरीर को ठण्डक पहुँचा सकता है। चित्र 3.21 में वाष्पन एवं जल शुष्कक से ठंड पैदा करने की कुछ युक्तियों को दिखाया गया है।

आकाश ऊर्जा का एक अभिगम (sink) है। यदि भवनों की ताप ऊर्जा को रात के समय विकिरण द्वारा आकाश में निकलने दिया जाये तो भवन रात के समय काफी ठण्डे हो सकते हैं। इसके लिए छतों में खिड़कियाँ बनाई जाती हैं जिन्हें रात में खोल दिया जाता है। छत पर बने पानी के तालाब से दोनों - वाष्पन एवं विकिरणी ठण्डक पैदा की जा सकती है। इस प्रकार की कुछ युक्तियों को चित्रं 3.22 में दर्शाया गया है।

जमीन के अन्दर दो मीटर नीचे तापमान लगभग सारे साल एक जैसा रहता है। गर्मियों में यह तापमान वातावरण के तापमान से 15-20°C कम रहता है तथा सर्दियों में वातावरण के ताप मान से 15-20°C अधिक। यदि हम भवनों को 1-2 मीटर जमीन के अन्दर बनायें तो भवनों की गर्मी ताप चालकता द्वारा जमीन में चली जायेगी तथा भवन अपेक्षाकृत ठण्डे रहेंगे। जमीन में सुरंग बना कर ठण्डी हवा भवनों में प्रवाहित करने से भी भवनों को ठण्डा रखा जा सकता है। आसपास की जमीन को ठण्डा रखने के लिए पेड़-पौधे, घास, सफेद पत्थर लगाये जा सकते हैं या फिर पानी का छिड़काव किया जा सकता है। चित्र 3.23 में इस प्रकार की कुछ युक्तियों को दर्शाया गया है।

चित्र 3.21 : ठंडा करने की वाष्पन एवं जल शुष्कक युक्तियाँ

चित्र 3.22 : ठंडा करने की विकिरणी युक्तियाँ

:-ताप ऊर्जा भण्डारण

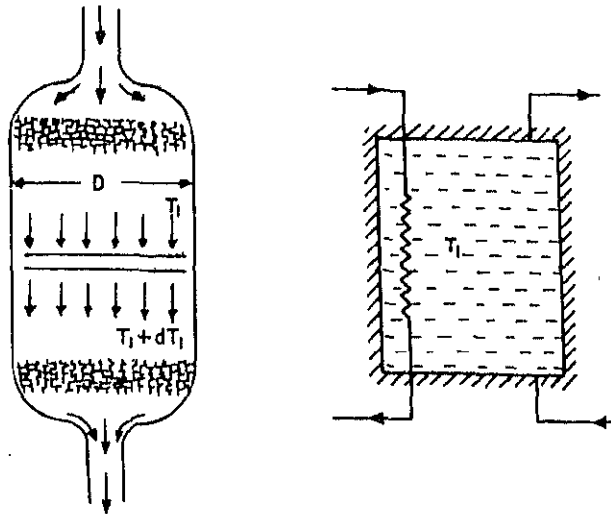
सौर ऊर्जा की प्राप्ति के समय एवं ऊर्जा की आवश्यकता के समय आमतौर पर नहीं होते। जैसे सौर ऊर्जा केवल दिन के समय मिलती है उससे दिन के समय तो ो गर्म कर सकते हैं या खाना पका सकते हैं परन्तु नहाने के लिए गर्म पानी हमें बहुत ह चाहिए तथा खाना रात के समय भी पकाया जाता है जब सौर ऊर्जा नहीं मिलती। ा प्रकार गर्मी के मौसम में जब सौर ऊर्जा अधिकता में मिलती है तब हमें गर्म पानी आवश्यकता कम होती है तथा सर्दियों में जब गर्म पानी की आवश्यकता होती है तब : ऊर्जा काफी कम मिलती है। आकाश में बादल होने के समय भी सौर ऊर्जा नहीं ाती। इसलिए सौर उपकरण केवल सीमित समय के लिए ही उपयोग किये जा सकते सौर उपकरणों के निरन्तर उपयोग के लिए सौर ऊर्जा का भण्डार करना आवश्यक सौर ऊर्जा को ताप ऊर्जा में बदल कर भण्डारण किया जा सकता है जिससे ऊर्जा की ा एवं आपूर्ति के बीच एक संतुलन बनाया जा सकता है।

सौर ताप ऊर्जा का मुख्यत: दो प्रकार से भण्डारण किया जा सकता है।

चित्र 3.23 : ठंडा करने की ताप चालक युक्तियाँ

(1) संवेद्य ऊष्मा भंडारण (sensible heat storage), (2) गुप्त ऊष्मा भंडारण (latent heat storage)। किसी ठोस एवं द्रव को उच्च ताप तक सीधे गरम करके ताप ऊर्जा भंडारण को संवेद्य ऊष्मा भंडारण कहते हैं। गुप्त ऊष्मा भंडारण प्रणाली में ताप ऊर्जा से पदार्थ की अवस्था बदल जाती है तथा इस प्रक्रिया में ऊर्जा का भण्डारण होता है।

संवेद्य ऊष्मा भंडारण : इस प्रणाली में उस समय जब सौर ऊर्जा उपलब्ध हो तो ताप ऊर्जा से किसी पदार्थ को उच्च तापमान तक गर्म करते हैं तथा इस गर्म पदार्थ को एक

ऐसे स्थान पर रखते हैं जहाँ ऊर्जा का ह्रास कम से कम हो। जब सौर ऊर्जा नहीं मिलती और ऊर्जा की आवश्यकता हो तब इस गर्म पदार्थ से ताप ऊर्जा की पूर्ति की जा सकती है। साधारणतः इसके लिए पानी, रेत, ईंट, चट्टानी पत्थर, तेल, धातु आदि उपयोग में लाये जाते हैं। किसी पदार्थ को संवेद्य ऊष्मा भण्डारण के लिए चुनने में कुछ निम्नलिखित मुख्य विशेषतायें होनी चाहिये :

1. पदार्थ का घनत्व अधिक होना चाहिए।
2. पदार्थ की ऊष्मा धारिता (heat capacity) अधिक होनी चाहिए।
3. पदार्थ की तापीय चालकता अधिक होनी चाहिए।
4. पदार्थ सस्ता एवं आसानी से मिलने वाला हो।
5. पदार्थ ज्वलनशील एवं जहरीला नहीं होना चाहिए।

चित्र 3.24 : संवेद्य ऊष्मा भण्डार

मध्यम एवं निम्न तापमान पर भंडारण के लिए पानी एक बहुत ही उत्तम भण्डारण पदार्थ है। ऊपर लिखी विशेषताओं के अतिरिक्त पानी को ताप स्थानान्तरण के

लिए भी उपयोग में लाया जा सकता है। पानी को 100°C से अधिक तापमान पर भी दाबित टंकियों में भंडार किया जा सकता है। उच्च तापमान पर ऊर्जा भण्डारण के लिए, चट्टानी पत्थर आदि बहुत उपयुक्त होते हैं। एक संवेद्य ऊष्मा भंडारण को चित्र 3.24 में दर्शाया गया है। ताप ऊर्जा के भण्डार से ह्रास रोकने के लिए भण्डार को अच्छी तरह से चारों ओर से किसी ताप अवरोधक पदार्थ जैसे थर्मोकोल या ग्लासवूल आदि से ढक दिया जाता है।

गुप्त ऊष्मा ताप भण्डारण : संवेद्य ऊष्मा ताप भण्डारण में भण्डारण पदार्थ का तापमान बढ़ाया जाता है। जितना अधिक तापमान होगा उतना ही ऊष्मा भण्डारण अधिक होगा। इसके साथ उतना ही अधिक भण्डारण के तापमान एवं वातावरण के तापमान में अन्तर होगा तथा जितना यह अन्तर अधिक होगा उतना ही ताप ऊर्जा का ह्रास अधिक होगा। इस ऊर्जा ह्रास को कम करने के लिए गुप्त ऊष्मा ताप भण्डारण एक बहुत अच्छी प्रणाली है। जब किसी पदार्थ की अवस्था बदलनी हो जैसे बर्फ से पानी या पानी से वाष्प बनाना हो तो उसे ताप ऊर्जा देनी पड़ती है। वैसे तो जब किसी पदार्थ को ताप ऊर्जा दी जाये तो उसका तापमान बढ़ता है परन्तु ठोस से द्रव या द्रव से वाष्प में बदलने के समय ऊर्जा तो अवशोषित होती है परन्तु तापमान नहीं बढ़ता। इसी प्रकार वाष्प से द्रव तथा द्रव से ठोस बनने की प्रक्रिया में ताप ऊर्जा का निकास तो होता है परन्तु तापमान नहीं गिरता। इस ऊर्जा को गुप्त ऊष्मा कहते हैं। गुप्त ताप भंडारण में पहले पदार्थ की अवस्था बदल कर ताप ऊष्मा का भण्डारण करते हैं तथा माँग के समय फिर से पहले वाली अवस्था में बदल कर निकलने वाली ऊष्मा को उपयोग के लिए प्राप्त करते हैं।

सिद्धांत रूप में ठोस से तरल अवस्था, ठोस से गैस अवस्था, तरल से गैस अवस्था परिवर्तन में गुप्त ऊष्मा ताप भण्डारण किया जा सकता है। परन्तु व्यावहारिक रूप में ठोस से तरल अवस्था परिवर्तन ही मुख्यतः गुप्त ऊष्मा भण्डारण के लिए उपयुक्त है। गुप्त ऊष्मा भण्डारण के लिए ऐसे पदार्थों का चयन किया जाता है जिनका मूल्य कम हो, घनत्व अधिक हो, अवस्था बदलाव का तापमान आवश्यकता के अनुरूप हो, ज्वलनशील न हो, जहरीले तत्व उत्पन्न न करते हों, तथा जिनके ठोस अवस्था एवं तरल अवस्था के घनत्व में बहुत अंतर न हो। अधिकतर गुप्त ऊष्मा भण्डारण के लिए पैराफीन मोम तथा कुछ

लवण-ग्लोबर लवण (सोडियम सल्फेट), कैल्शियम क्लोराइड आदि उपयुक्त हैं।

गुप्त ताप ऊष्मा भण्डारण का मुख्य लाभ यह है कि इसमें कम तापमान पर ऊर्जा भण्डारण होता है जिससे ऊर्जा का ह्रास कम होता है। दूसरा लाभ यह है कि पदार्थ की कम मात्रा में अधिक ऊर्जा भण्डारण की जा सकती है। परन्तु, इस प्रकार के भण्डारण की कई समस्यायें भी हैं।

4 सौर प्रकाश वोल्टीय प्रणाली

भूमिका

विद्युत बनाने के प्रचलित तरीकों में तापीय, पन बिजली तथा नाभिकीय मुख्य हैं। तापीय विद्युत घरों में जैविक ऊर्जा स्रोत - कोयला, पेट्रोल या प्राकृतिक गैस को जलाकर उच्च दबाव एवं उच्च तापमान पर पानी की भाप बनाई जाती है। नाभिकीय विद्युत घरों में भाप बनाने के लिए तापीय ऊर्जा रेडियोधर्मी पदार्थ के न्यूक्लियस के विखंडन से प्राप्त की जाती है। इस उच्च दबाव की भाप से टरबाइन को घुमा कर विद्युत पैदा की जाती है। इस प्रकार इन तरीकों में पहले ताप ऊर्जा पैदा की जाती है उससे गतिदायी शक्ति (Motive power) पैदा की जाती है जिसे विद्युत में बदला जाता है। पन बिजली घरों में ऊँची जगह पर पानी का भण्डारण करके नीचे टरबाइन के परों पर गिराया जाता है इस प्रकार टरबाइन के घूमने पर विद्युत पैदा होती है। इस तरीके में स्थितिज ऊर्जा को विद्युत में बदला जाता है। विद्युत एक साफ एवं सुविधाजनक ऊर्जा का साधन है। इसे बहुत आसानी से सभी तरह के घरेलू एवं व्यवसायिक कामों के करने में उपयुक्त किया जा सकता है। दिनोंदिन विद्युत की खपत सारे विश्व में बढ़ रही है। विकासशील देशों में तो यह खपत और भी तेजी से बढ़ रही है। भारत में आजादी के समय केवल 1,300MW विद्युत की क्षमता थी जो 1995 में बढ़कर 80,000MW हो गई है लेकिन फिर भी आए दिन घरों, कारखानों, खेती आदि के लिए विद्युत की आपूर्ति काफी नहीं होती। आये दिन बिजली के न होने की समस्या से निपटना पड़ता है। देश के लगभग एक चौथाई गाँवों में तो अभी बिजली पहुँची ही नहीं है।

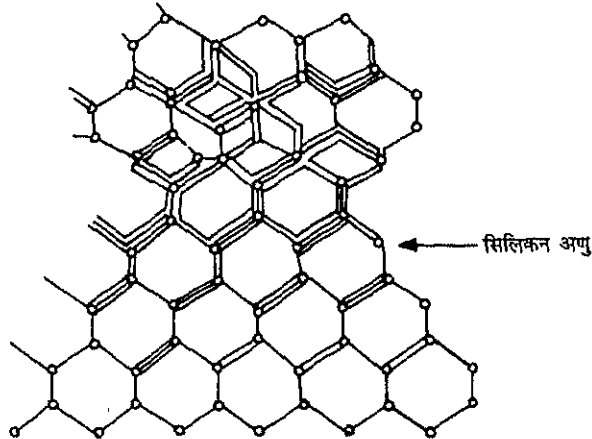
पारम्परिक तरीकों से विद्युत पैदा करने की क्षमता बढ़ाने के लिए जैविक ऊर्जा, नाभिकीय ऊर्जा या फिर पन बिजली का सहारा लेना पड़ेगा। जैविक ऊर्जा तथा पन बिजली के भण्डार सीमित हैं। दूसरा इन के उपयोग से पर्यावरण को भी बहुत नुकसान होता है। नाभिकीय ऊर्जा से पर्यावरण को होने वाले नुकसान से विश्व भर में इसके प्रचलन पर रोक लगाने की माँग की जा रही है। इसलिए विद्युत बनाने के अन्य तरीकों का उपयोग आवश्यक हो जाता है। पिछले अध्याय में आपने सौर तापीय ऊर्जा से विद्युत बनाने के विषय में पढ़ा होगा। परन्तु इस युक्ति में पहले ताप ऊर्जा को गतिज ऊर्जा (Kinetic energy) में बदला जाता है फिर उसे विद्युत ऊर्जा में बदला जाता है। प्रत्येक ऊर्जा के बदलाव में ऊर्जा हानि होने से सौर तापीय ऊर्जा द्वारा विद्युत बनाने की दक्षता अधिक नहीं होती तथा इसके अतिरिक्त इस युक्ति में समस्यायें भी कई होती हैं।

सौर ऊर्जा को सीधे विद्युत में भी बदला जा सकता है। इसके लिए कुछ खास प्रकार के पदार्थों का उपयोग किया जाता है। इस पद्धति से विद्युत बनाने का सबसे बड़ा लाभ यह है कि इसमें किसी मशीन की आवश्यकता नहीं होती। सौर बैटरियों से सौर प्रकाश को सीधे विद्युत में बदला जाता है।

अर्द्ध चालक

सौर बैटरियों का मुख्य पदार्थ एक अर्द्ध चालक (Semi conductor) होता है। जहाँ चालक पदार्थ जैसे चाँदी, ताँबा, अल्मूनियम आदि की विद्युत चालकता बहुत अधिक होती है वहीं अवरोधक पदार्थ जैसे रबर, प्लास्टिक, काँच, सूखी लकड़ी आदि विद्युत को प्रवाहित नहीं होने देते। अर्द्धचालक ऐसे पदार्थ होते हैं जिनकी विद्युत चालकता, चालक (conductor) एवं अवरोधक (insulator) पदार्थों के बीच की होती है। चालक एवं अर्द्धचालक पदार्थों में एक और अन्तर भी होता है। यदि चालक पदार्थ को तापीय ऊर्जा दी जाये तो इनकी विद्युत चालकता कम हो जाती है जबकि अर्द्धचालक पदार्थ की विद्युत चालकता इसे तापीय ऊर्जा प्रदान करने से बढ़ जाती है। कुछ प्रमुख अर्द्धचालक पदार्थ हैं : सिलिकन, जरमेनियम, गेलियम आर्सेनाइड, कैडमियम सल्फाइड आदि। कुछ अर्द्धचालक पदार्थ जिनके नाम ऊपर दिए गये हैं प्रकाश के प्रभाव में अपनी विद्युतीय

खूबियों में बदलाव लाते हैं। अगर इन्हें रोशनी में रखा जाये तो भी इनकी चालकता बढ़ जाती है। ऐसे पदार्थ सौर बैटरियों के बनाने के काम में आते हैं।

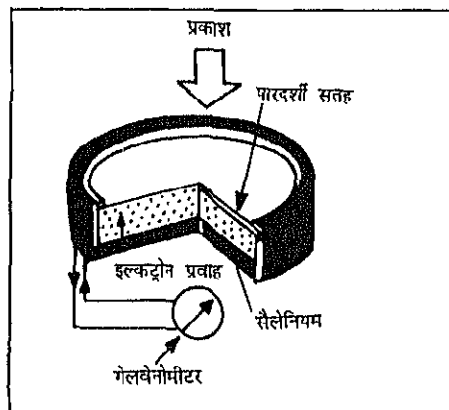
दुनिया में ऑक्सीजन के बाद सिलिकन सबसे अधिक मात्रा में मिलने वाला तत्व है। यह बहुत अच्छा अर्द्धचालक भी है। सिलिकन का ढाँचा चित्र 4.1 में दिखाया गया है। सिलिकन के प्रत्येक परमाणु के सबसे बाहरी कक्ष में घूमने वाले चार इलैक्ट्रॉन अपने ही चार अन्य परमाणुओं के साथ मिलकर सह अस्तित्व वाला बन्धन बनाते हुये स्फटिक (Crystal) रूप धारण करता है। सिलिकन में फासफोरस के कुछ अणु मिलाने से पदार्थ में कुछ इलैक्ट्रॉन स्वछन्द हो जाते हैं। ऐसे अर्द्धचालकों को एन-अर्द्धचालक कहते हैं इनमें फासफोरस इलेक्ट्रॉन देने का काम करता है। ऐसे पदार्थों (फासफोरस) को दाता (donor) कहा जाता है। इसी प्रकार यदि सिलिकन में कुछ भाग बोरान का मिला दिया जाये तो इलेक्ट्रॉन की कमी जिसे होल कहते हैं हो जायेगी। ऐसे पदार्थों को पी-अर्द्धचालक कहते हैं तथा मिलाने (बोरान) वाले पदार्थ को ग्राही (acceptor) कहते हैं।

चित्र 4.1 : सिलिकन का ढाँचा

प्रकाश वोल्टीय सिद्धांत

प्रकाशवोल्टीय, प्रकाश को सबसे पहले 1839 में एक 19 वर्षीय फ्रांसीसी युवक एडमण्ड बैकेरल ने अचानक ही देखा। हुआ यों कि एक दिन यह युवक अपने पिता की प्रयोगशाला में कुछ धातुओं की तख्तियों एवं किसी तरल पदार्थ से खेल रहा था। खेल-खेल में उसने दो तख्तियों को एक तरल से भरे बीकर में डाल कर रखा (देखें चित्र 4.2)। अचानक सूर्य के प्रकाश पड़ने से उसने तख्तियों के बीच में विद्युत प्रवाह होती देखी।

चित्र **4.2** : बैकेरल का प्रयोग

एडमण्ड प्रसिद्ध वैज्ञानिक हैनरी बैकेरल का पिता था। इस काम को न तो एडमण्ड ने और न ही दूसरे वैज्ञानिकों ने बहुत साल तक कुछ महत्व दिया परन्तु फिर भी इस प्रयोग ने एक नये चमत्कारी क्षेत्र की नींव डाली। बाद में सन् 1876 में वैज्ञानिकों ने पाया कि सेलिनियम की विद्युत चालकता प्रकाश की उपस्थिति में बढ़ जाती है। इस आधार पर पहली प्रकाश बैटरी 1883 में बनाई गई। इसे चार्ल फरिट्स ने बनाया जिसे चित्र 4.3 में दर्शाया गया है। चार्ल ने उस समय इन बैटरियों को छत पर बिछाकर सूर्य की मदद से बिजली पैदा करने का सुझाव भी दिया। परन्तु लगभग 20 साल तक फिर कुछ काम इस क्षेत्र में नहीं हुआ। सन् 1904 में वैज्ञानिकों ने पाया कि यदि दो विभिन्न पदार्थों जैसे ताँबा और ताँबे के ऑक्साइड को जोड़ा जाये तो इस जुड़े हुए पदार्थ की विद्युतीय विशेषतायें प्रकाश पड़ने पर बदल बन जाती हैं। बाद में पाया कि इन दो विभिन्न पदार्थों की संधि स्थल पर एक विभव प्राचीर बन जाती है। इससे प्रकाश द्वारा उत्पन्न वोल्टेज की प्रक्रिया की व्याख्या हो सकी।

जब एन-अर्द्धचालक (n-type semi conductor) और पी-अर्द्धचालक (p-type semi conductor) को जोड़ा जाये तो एक पी-एन संगम (p-n junction) बनता है। इस संगम पर जब प्रकाश डाला जाये तो धनात्मक एवं ऋणात्मक चार्ज वाहक पैदा हो जाते हैं। इस प्रकार प्रकाश ऊर्जा चार्ज वाहक पैदा करने में व्यय हो जाती है। दो प्रकार के ये चार्ज वाहक एक दम से विभव प्राचीर के दोनों ओर अलग-अलग इकट्ठा हो जाते हैं। इस प्रकार संगम के दोनों तरफ विपरीत चार्ज इकट्ठा हो जाता है और दोनों विभिन्न पदार्थों के बीच में वोल्टेज आ जाती है। यह स्थिति प्रकाश की उपस्थिति में ही रहती है। जैसे ही प्रकाश को हटाया जाये वैसे ही यह वोल्टेज समाप्त हो जाती है। प्रकाश की उपस्थिति में जैसे ही इस पी-एन संगम के दोनों भागों को बाहर से एक विद्युत चालक की सहायता से जोड़ा जाये बाहरी परिपथ में विद्युत प्रवाहित हो जायेगी। यह विद्युत तब तक प्रवाहित होती रहेगी जब तक काफी प्रकाश संगम पर पड़ता रहेगा। इस प्रकार प्रकाश ऊर्जा विद्युत ऊर्जा में बदल जाती है। इस सिद्धांत को प्रकाश वोल्टीय कहते हैं। प्रकाशवोल्टीय सौर बैटरियाँ अर्धचालक पदार्थों के पी-एन संगम से बनाई जाती हैं।

चित्र 4.3 : सैलेनियम प्रकाश बैटरी

सौर बैटरियाँ

अभी तक सौर बैटरी के सिद्धांत के विषय में चर्चा की गई है। अब हम सौर बैटरी बनाने के तरीके को समझेंगे। सौर बैटरी बनाने के लिए मुख्यतया: अति शुद्ध सिलिकन प्रयोग में लाया जाता है। सिलिकन का पूर्ण क्रिस्टल रूप ही अधिकतर सौर बैटरियों के लिए उपयोग में लाया जाता है। परन्तु शुद्ध पूर्ण क्रिस्टल सिलिकन बनाना कठिन एवं महंगा है इसलिए पिछले कुछ सालों से बहुक्रिस्टलीय एवं अक्रिस्टलीय सिलिकन को भी सौर बैटरी बनाने के लिए उपयोग में लाया जा रहा है। इस पुस्तक में हम केवल पूर्ण क्रिस्टलीय सिलिकन की सौर बैटरियों के विषय में चर्चा करेंगे।

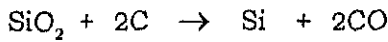
पहली सक्षम सौर बैटरी पूर्ण क्रिस्टलीय सिलिकन से 1953 में अमरीका की बैल प्रयोगशाला में बनाई गई। इसकी दक्षता लगभग 6% थी। इन बैटरियों को अंतरिक्ष यानों की ऊर्जा देने के लिए बहुत उपयुक्त समझा गया एवं सबसे पहले 1958 में अमरीकी अंतरिक्ष यान वानगार्ड-1 में सफलता पूर्वक लगाया गया तब से लगभग 1973 (जब ऊर्जा संकट पैदा हुआ) तक सौर बैटरियों को मुख्यत: अंतरिक्ष के क्षेत्र में ही उपयोग में लाया

गया। 1973 के बाद बहुत से व्यावसायिक प्रतिष्ठानों ने सौर बैटरियों में रूचि लेनी शुरू की और इनका व्यावसायिक स्तर पर धरती पर उपयोग के लिए उत्पादन चालू कर दिया।

सौर बैटरियाँ बनाने की प्रामाणिक तकनीक को निम्नलिखित भागों में बाँटा जा सकता है :

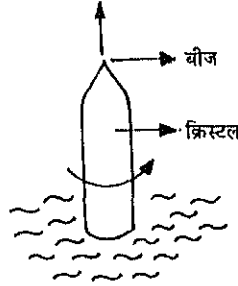
1. रेत से सिलिकन धातु बनाना,
2. धातु कर्मीय सिलिकन को अर्धचालकीय सिलिकन में बदलना,
3. अर्द्धचालकीय सिलिकन से शुद्ध पूर्ण क्रिस्टलीय सिलिकन वेफर बनाना,
4. सिलिकन वेफर को सौर बैटरी में बदलना, और
5. सौर बैटरी को मौसम के प्रभाव से सुरक्षित सौर बैटरियों के मौड्यूल में बदलना।

1. *रेत से सिलिकन धातु* : सिलिकन पृथ्वी की सतह पर पाया जाने वाला दूसरा सबसे अधिक तत्व है। सिलिकन को रेत (जो कि सिलिकन का ऑक्साइड होता है) से प्राप्त किया जाता है। रेत को लकड़ी के कोयले के साथ बड़ी-बड़ी भट्टियों में गर्म करके सिलिकन में बदला जाता है। इस प्रक्रम (Process) की रासायनिक प्रतिक्रिया इस प्रकार से है :

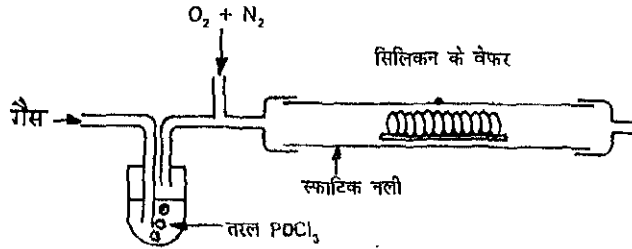
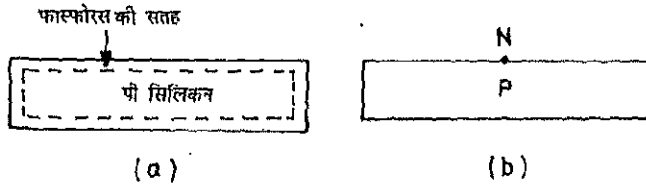
$$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO$$

सिलिकन को भट्टियों से निकाल कर टबों में जमा दिया जाता है। इस विधि से 98 से 99% शुद्धता का सिलिकन प्राप्त किया जा सकता है। इस सिलिकन में अल्मूनियम, लोहे टाउरेनियम, क्रोमियम आदि तत्वों की थोड़ी-थोड़ी मात्रा में अशुद्धता होती है।

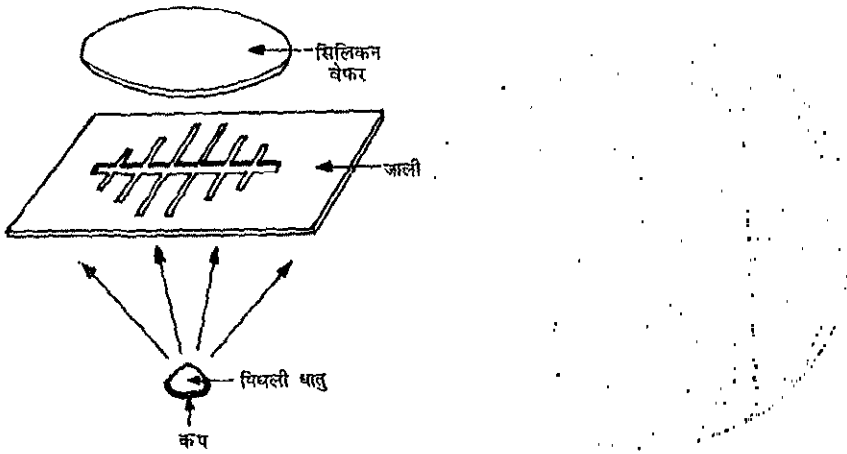
2. *धातुकर्मीय सिलिकन से अर्द्धचालकी सिलिकन* : सौर बैटरियों तथा अर्द्धचालकी युक्तियों के लिए धातुकर्मीय सिलिकन को अधिक शुद्ध करना आवश्यक है। इसके लिए प्रामाणिक तरीके को सीमन्स प्रक्रम कहते हैं। इस प्रक्रम में ठोस सिलिकन को गैस में बदल कर प्रभाजी आसवन से शुद्ध किया जाता है। इस प्रकार अति शुद्ध

सिलिकन प्राप्त किया जाता है। इस प्रक्रम में बहुत ऊर्जा की आवश्यकता होती है। इसलिए यह प्रक्रम बहुत मंहगा पड़ता है।

3. *पूर्ण क्रिस्टल वेफर :* ऊपर बनाये गये अति शुद्ध सिलिकन को पूर्ण क्रिस्टल रूप में बदलना आवश्यक है। इसके लिए चोकराल्सकी प्रक्रम (Czochralski) को उपयोग में लाया जाता है जिसे चित्र 4.4 में दर्शाया गया है। अति शुद्ध सिलिकन को डोप करने वाले पदार्थ की थोड़ी सी मात्रा के साथ एक क्रूसीबल में पिघलाया जाता है। सौर बैटरियों के लिये पी-अर्द्धचालक बनाने के लिए साधारणत: बोरोन की मिलावट की जाती है। एक बीज क्रिस्टल की सहायता से इस क्रूसीबल से 15cm व्यास तथा 1-2 m लंबे पूर्ण क्रिस्टल प्राप्त किये जा सकते हैं। इस क्रिस्टल से 100 मिलीमीटर से 300 मिलीमीटर मोटे वेफर (चित्र 4.5) काटे जाते हैं। इन वेफरों की सतह को चिकना तथा स्वच्छ किया जाता है।

चित्र 4.4 : चोकराल्सकी प्रक्रम

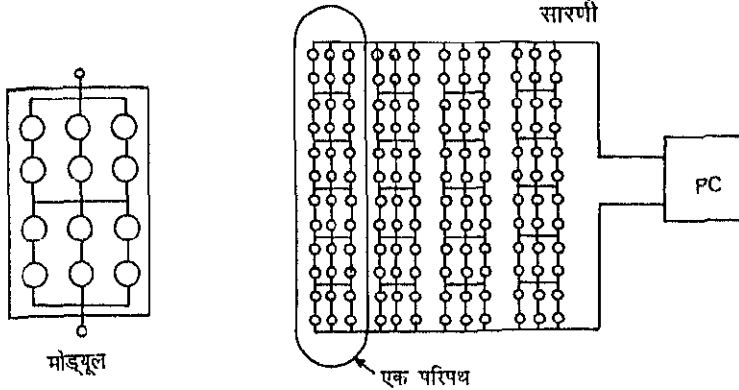
चित्र 45 : पतले वेफर काटना

4. *पूर्ण क्रिस्टल वेफर से सौर बैटरी :* सौर बैटरी बनाने के लिए पी-अर्धचालक के वेफर की एक सतह पर एन-अर्धचालक बनाकर पी-एन संगम बनाया जाता है। इसके लिए सिलिकन को फासफोरस तत्व से डोप करते हैं। सबसे प्रचलित विधि (चित्र 4.6) में फासफोरस ऑक्सीक्लोराइड गैस को गर्म नलीनुमा भट्टी, जिसमें वेफरों को रखा होता है, में से गुजारा जाता है। बीस मिनट के बाद फासफोरस की मिलावट से वेफर की सतह पर एन-अर्धचालक (चित्र 4.7) बन जाता है। पी-एन संगम बनाने के लिए नीचे की सतह तथा किनारों से एन-अर्धचालक को हटा दिया जाता है। इसके बाद ऊपर की सतह पर अल्मूनियम आदि धातुओं की पतली पट्टी जोड़ दी जाती है। ये पट्टी सौर बैटरी के एक सिरे का काम करती है। नीचे की पूरी सतह पर एक धातु की परत चढ़ाई जाती है। यह परत दूसरे सिरे का काम करती है। क्योंकि अर्धचालक पदार्थ की विधुत चालकता कम होती है इसलिए ऊपरी सतह से विद्युत प्रवाह कराने के लिए चाँदी या अल्मूनियम की एक जालीनुमा परत चढ़ाई जाती है। इसे चढ़ाने का तरीका चित्र 4.8 में दर्शाया गया है। इसके बाद एक अपरावर्तित परत चढ़ाई जाती है।

चित्र 4.6 : फासफोरस की मिलावट करना

चित्र 4.7 : फासफोरस की मिलावट का बाँटना

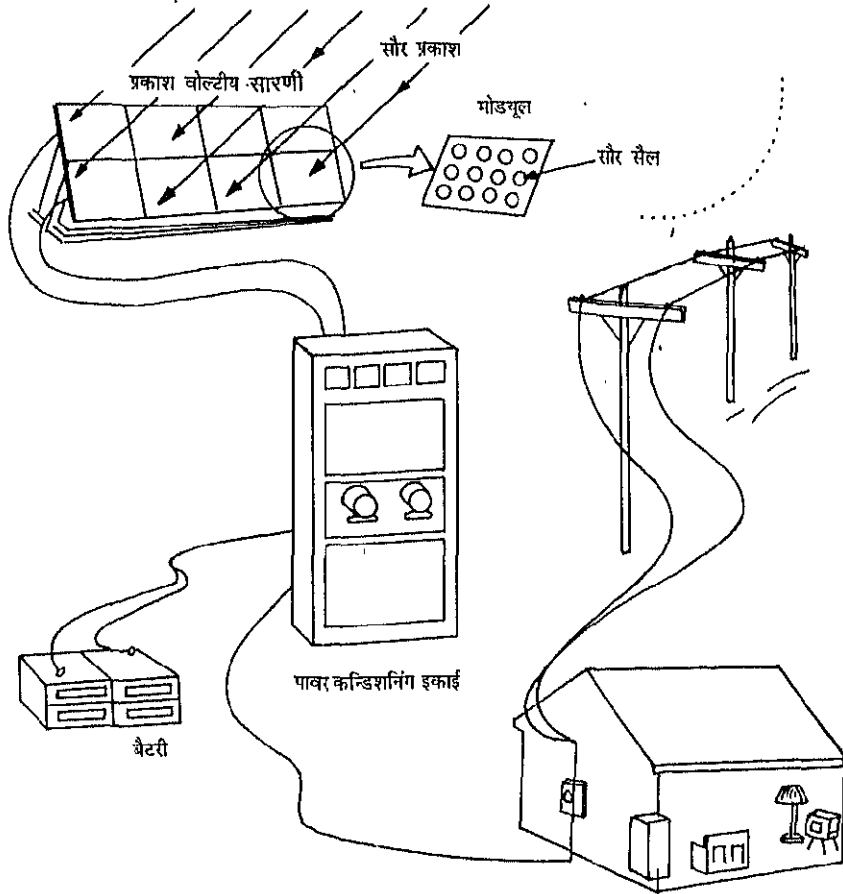
5. *सौर बैटरी से मोड्यूल* : अकेले एक सौर बैटरी का उपयोग अधिक नहीं किया

चित्र 4.8 : (क) वेफर पर जाली बनाना; (ख) सौर बैटरी

जा सकता क्योंकि एक सौर बैटरी से प्राप्त होने वाली विद्युत ऊर्जा बहुत कम होती है (लगभग 1 या 2 वाट)। इसलिए कई सौर बैटरियों को जोड़कर एक पारदर्शी चादर एवं एक बैकेलाइट की चादर के बीच में सील कर दिया जाता है। इससे सौर बैटरियों को मौसम, रासायनिक तथा बाहरी विद्युतीय प्रभावों से बचाया जा सकता है। इस प्रकार जुड़ी हुई सौर बैटरियों को सौर मोड्यूल कहते हैं। सौर बैटरियों को सीरीज, पैरेलल या दोनों के मिश्रित तरीके से आवश्यकतानुसार जोड़ा जाता है। चित्र 4.9 में सौर बैटरियों को सौर मोड्यूल में जोड़कर दिखाया गया है।

सौर प्रकाश वोल्टीय प्रणाली

सौर प्रकाश वोल्टीय बैटरियाँ तथा मोड्यूल तब तक दिष्ट धारा (D.C.) विद्युत पैदा करता रहेगा जब तक उस पर प्रकाश पड़ता रहेगा। लेकिन यह ऊर्जा का भण्डारण

चित्र 49 : सौर मोड्यूल का परिपथ

नहीं कर सकता। इसके अतिरिक्त निर्गम शक्ति की मात्रा भी घटती-बढ़ती रहती है। इसलिए प्रकाशवोल्टीय मोड्यूलों को उपयोग में लाने के लिए कुछ और भी आवश्यकताएं होती हैं। निर्गम शक्ति के घटने और बढ़ने के मुख्य कारण हैं :- प्रकाश की तीव्रता एवं

प्रकृति, वातावरण का तापमान, मोड्यूल एवं सारणी (array) तथा क्षैतिज में कोण तथा जुड़ा हुआ विद्युतीय भार, आदि। वास्तव में निर्गम करेन्ट तथा वोल्टेज दिन में प्रकाश की तीव्रता के बदलने के कारण लगातार बदलते रहते हैं तथा जब सूर्य नहीं दिखता तो

चित्र 4.10 : प्रकाशवोल्टीय प्रणाली

विद्युत उत्पादन बिल्कुल नहीं होता। और भी दूसरे मौसमी कारण जैसे धूल, धुन्ध, बादल, पास के भवनों और पेड़ों की छाया आदि भी सौर बैटरियों से विद्युत उत्पादन को कम करते हैं। इसलिए सौर बैटरियों के मोड्यूलों और सारणियों को उपयोग के लिए लगाने से पहले इन सब बातों को ध्यान में रखना आवश्यक है। सौर बैटरियों से रात के समय विद्युत ऊर्जा प्राप्त करने के लिए विद्युत को साधारण संचायक बैटरियों में दिन के समय संचय करना आवश्यक है तथा रात को इन संचायक बैटरियों से विद्युत ली जा सकती है। आमतौर पर अधिकतर विद्युत उपकरण प्रत्यावर्ती करेन्ट पर काम करते हैं। इसलिए सौर बैटरियों से उत्पन्न दिष्ट धारा (DC) को एक invertor से प्रत्यावर्ती धारा (AC) में बदला जाता है। चित्र 4.10 में एक प्रकाशवोल्टीय प्रणाली (P.V. System) को दर्शाया गया है।

भारत तथा दूसरे कई देशों में अब सौर बैटरियाँ बड़ी मात्रा में बनाई तथा उपयोग में लाई जा रही हैं।

सौर बैटरियों के उपयोग

सौर प्रकाशवोल्टीय प्रणाली से विद्युत उत्पादित करके हम उसे विद्युत से चलने वाले किसी भी उपकरण के लिए उपयोग में ला सकते हैं। मुख्यत: सौर बैटरियों के उपयोगों को दो भागों में बाँट सकते हैं। एक जहाँ संचायक बैटरियों की आवश्यकता पड़ती है तथा दूसरे जहाँ इनकी आवश्यकता नहीं होती। नीचे दोनों प्रकार के कुछ उपयोगों का वर्णन किया गया है।

बिना संचायक बैटरियों के उपयोग

(1) खेती एवं पीने के लिए पानी को जमीन से निकालने के पम्प को बिना संचायक बैटरियों के उपयोग से सौर प्रकाश वोल्टीय प्रणाली द्वारा चलाया जा सकता है। क्योंकि यह काम दिन में किसी भी समय किया जा सकता है इसलिए दिन के समय जब सूर्य हो तभी पम्प को प्रकाश वोल्टीय प्रणाली द्वारा ऊर्जा प्रदान करके पानी को जमीन से निकाला जा सकता है। यदि रात में पानी चाहिए

तो पानी का भण्डारण किया जा सकता है। भारत के बहुत से गाँवों तथा कस्बों में पीने योग्य पानी की आपूर्ति नहीं होती। ऐसे स्थानों पर प्रकाशवोल्टीय प्रणाली से पेयजल एवं खेती के लिए पानी की समस्या का समाधान हो सकता है। चित्र 4.11 में सौर बैटरियों से पानी निकालने को दर्शाया गया है।

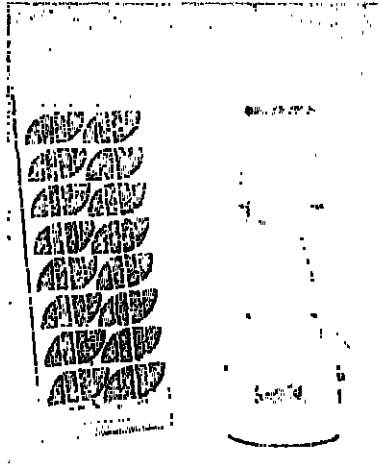
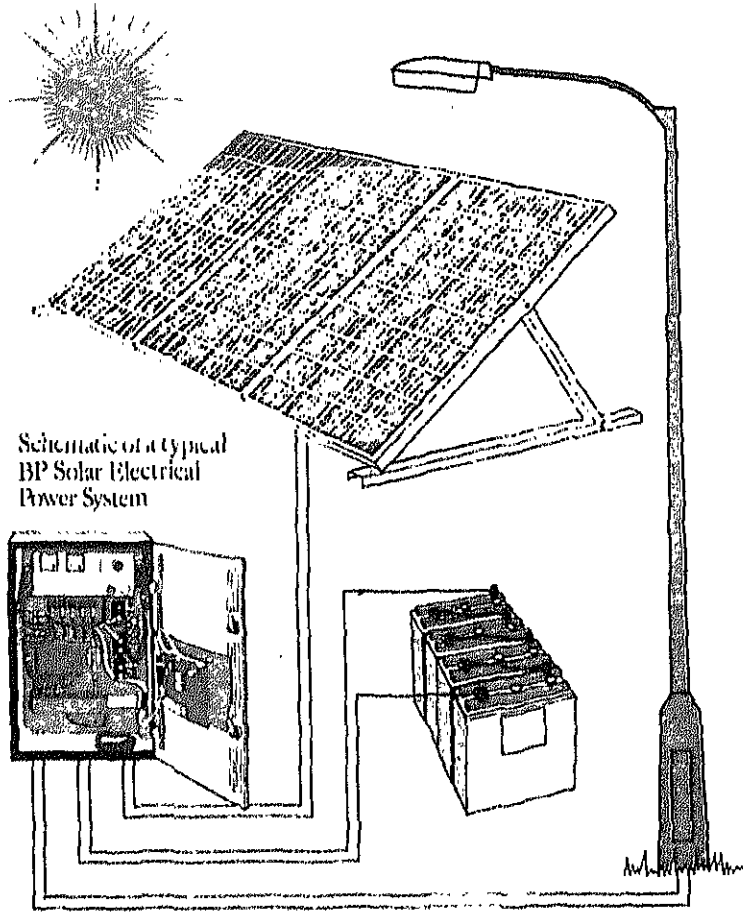
(2) गाँवों में वे लघु उद्योग जिन्हें रात में चलाना आवश्यक न हो जैसे आटे की चक्की आदि को सौर बैटरियों से दिन में चलाया जा सकता है।

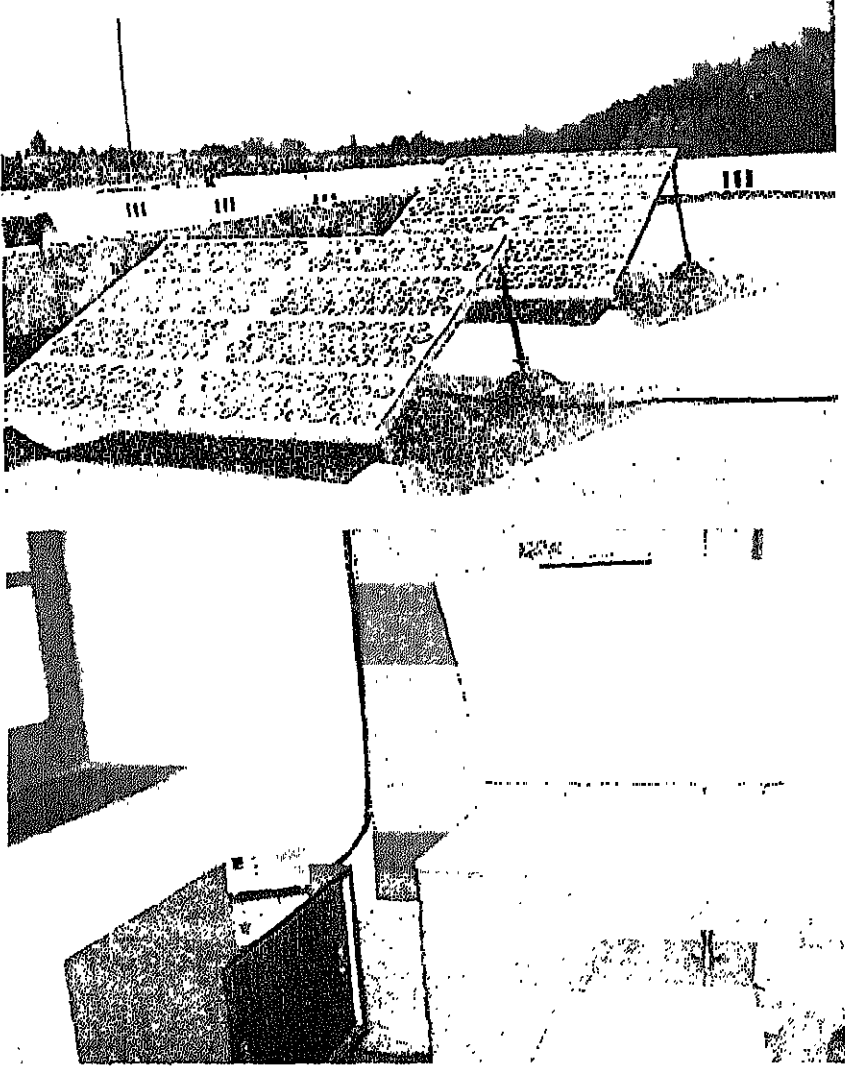
(3) प्रकाशवोल्टीय प्रणाली से बैटरी चार्ज करने का काम बहुत ही सुविधाजनक है। इससे किसी भी प्रकार एवं क्षमता की बैटरी चार्ज की जा सकती है। भविष्य में कारें तथा दूसरे वाहन जब पेट्रोल के स्थान पर सम्भवतः विद्युत से चलेंगे तो उनको चलाने के लिए बैटरी सौर ऊर्जा से आसानी से चार्ज की जा सकेंगी।

चित्र 4.11 : सौर जल पम्प

संचायक बैटरियों के उपयोग

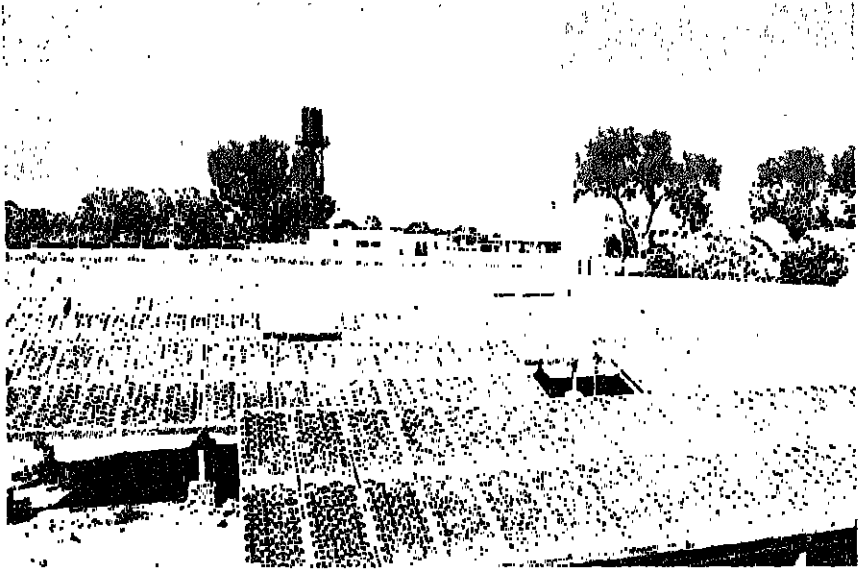
बिजली के बहुत से यंत्र या उपकरण ऐसे हैं जिन्हें या तो दिन-रात निरन्तर या फिर केवल रात को या फिर 24 घण्टों में कभी-कभी बिजली की आवश्यकता होती है। चूंकि सौर बैटरियाँ केवल दिन में सूर्य के प्रकाश में ही बिजली पैदा कर सकती हैं, इसलिए बाकी समय में (यानि जब सूर्य का प्रकाश नहीं रहता) बिजली की आवश्यकता पूरी करने के लिए बिजली का संचायक बैटरियों में भण्डारण करना आवश्यक है। संचायक बैटरी को दिन में सौर बैटरियों से चार्ज कर दिया जाता है तथा सूर्य के प्रकाश के न होने पर (यानि रात में) इन बैटरियों से विद्युत ऊर्जा प्राप्त करके उपकरण चलाये जाते हैं। कुछ ऐसे उपयोगों को नीचे दिया गया है :

1. रात को सड़कों एवं घरों में प्रकाश व्यवस्था के लिए सौर बैटरियों का उपयोग बहुत ही लाभदायक है। बहुत से सुदूर एवं छोटे गाँवों, द्वीपों, आबादी से दूर रेलवे स्टेशनों, पहाड़ियों में बने अलग-अलग भवनों आदि जहाँ या तो बिजली की लाइन न हो या जहाँ बिजली की लाइन लगाना बहुत मंहगा हो, ऐसे स्थानों

(a)

चित्र 4.12 : सौर लालटेन तथा सौर प्रकाश व्यवस्था

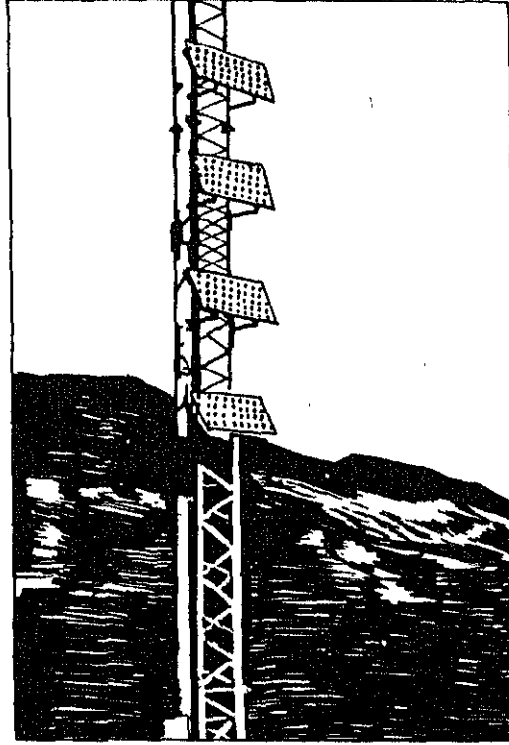
में सौर बैटरियों की सहायता से प्रकाश की सुचारू एवं सस्ती व्यवस्था की जा सकती है। 1995 से भारत सरकार ने सोलर लालटेन कार्यक्रम के अन्तर्गत

चित्र 4.13 : सौर रैफरीजरेटर

गाँव के निवासियों के लिए सौर बैटरियों से चलने वाली लालटेन आधी कीमत में उपलब्ध कराने का कार्यक्रम चलाया है। चित्र 4.12 में एक सौर लालटेन तथा एक सौर प्रकाश व्यवस्था का चित्र है।

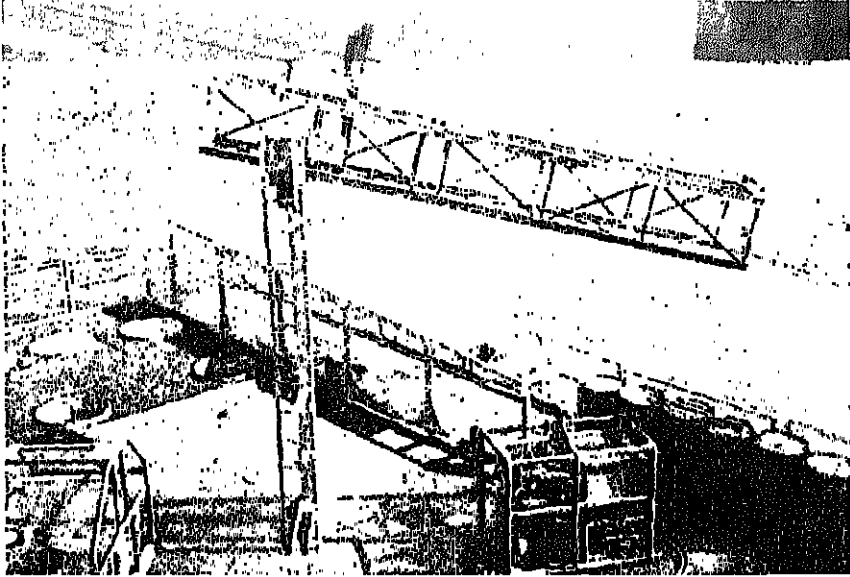
2. गाँवों में शिक्षा, मनोरंजन एवं सूचना का विकास करने के लिए टेलीविजन एक उत्तम माध्यम है। परन्तु हर गाँव में बिजली न होने के कारण यह कारगर नहीं है। सौर बैटरियों से चलने वाले टी०वी० से यह काम लिया जा सकता है।

3. बहुत सी जीवन बचाने वाली दवाइयाँ और वैक्सीन केवल ठंडे वातावरण में ही भण्डारण की जा सकती हैं। एक निश्चित तापमान से अधिक पर इन्हें

चित्र 4.14 : सौर विद्युत घर

रखने से इनकी औषधीय विशेषतायें या तो कम हो जाती हैं या फिर बिल्कुल ही समाप्त हो जाती हैं। परन्तु बहुत से गाँवों की डिस्पेन्सरियों में बिजली न होने की वजह से ये दवाइयाँ ठीक से नहीं रखी जा सकतीं। सौर बैटरियों पर आधारित रैफ्रिजरेटरों (चित्र 4.13) के उपयोग से इस समस्या का समाधान हो सकता है।

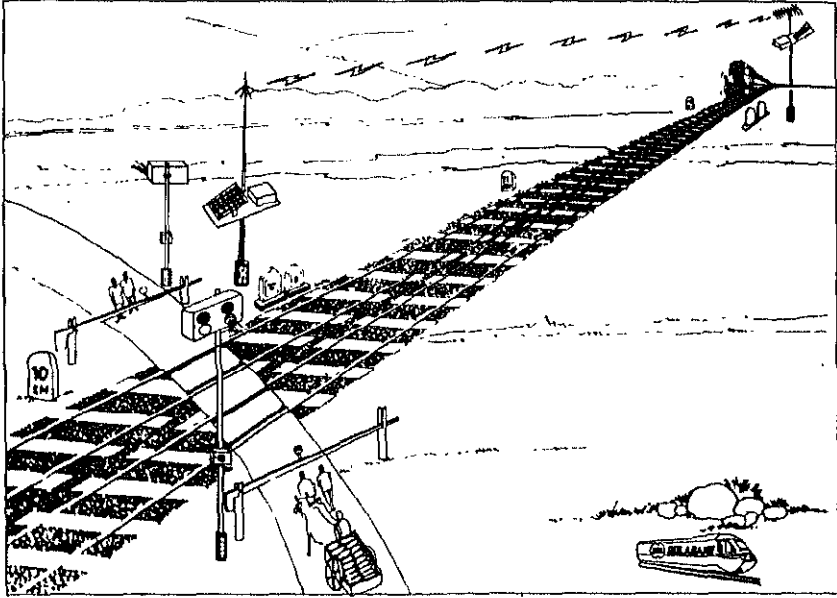
4. जिन गाँवों का विद्युतीकरण नहीं हुआ है वहाँ पर पूरे गाँव को बिजली की आपूर्ति के लिए सौर प्रकाशवोल्टीय बिजली घर (चित्र 4.14) बनाये जा सकते हैं।

चित्र 4.15 : सूक्ष्म तरंग रिपीटर स्टेशन

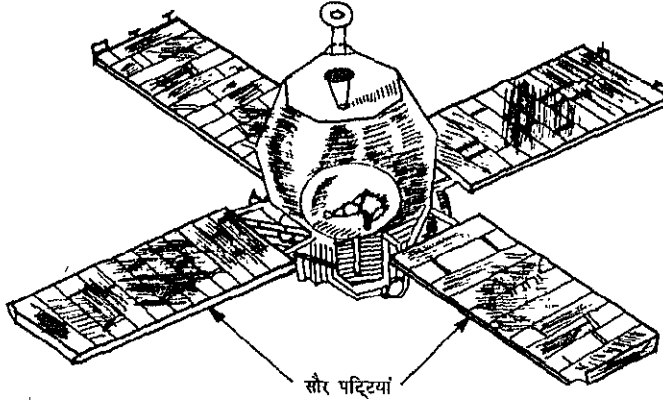
5. बहुत से संचार माध्यमों जैसे, ग्रामीण टेलीफोन प्रणाली, कम शक्ति के रेडियो तथा टेलीविजन ट्रांसमीटर, माइक्रोवेव रिपीटर स्टेशन, छोटे रेडियो तथा वायरलैस सेटों आदि को भी सौर बैटरियों से चलाया जा सकता है। चित्र 4.15 में एक माइक्रोवेव रिपीटर स्टेशन का चित्र है।

6. समुद्र में नौसंचालन, प्रकाश स्तम्भ, तेल निकालने के प्लेटफॉर्म, सुदूर लगे मौसम की जानकारी के यंत्र, छोटे-छोटे समुद्री द्वीपों, मछुआरों की नावों आदि को भी सौर बैटरियों से विभिन्न कार्यों के लिए विद्युत ऊर्जा प्रदान की जा सकती है। चित्र 4.16 में तेल निकालने के लिए प्लेटफार्म पर प्रकाश वोल्टीय प्रणाली का उपयोग दर्शाया गया है।

चित्र **4.16** : तेल निकालने के प्लेटफार्म पर प्रकाश वोल्टीय प्रणाली

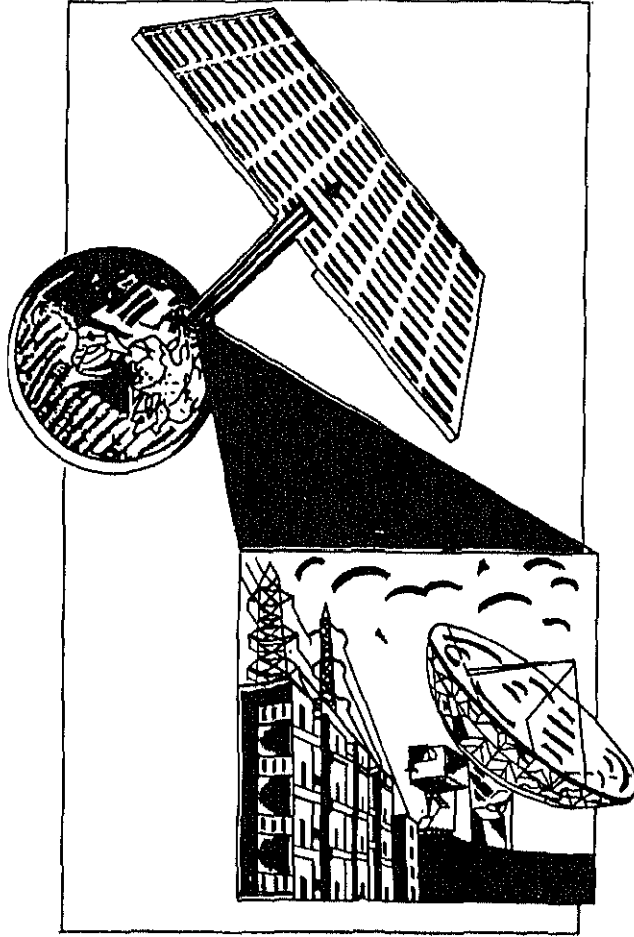
7. सौर बैटरियों का उपयोग रेलवे क्रॉसिंग, सिगनल प्रणाली एवं रेलवे यातायात को नियंत्रित करने के लिए भी किया जा रहा है। (देखें चित्र 4.17)

8. सौर बैटरियों को दूषित एवं खारे पानी को आसवन द्वारा शुद्ध करने के उपयोग में भी लाया जा सकता है।

छोटी-छोटी सौर बैटरियाँ रोजमर्रा के घरेलू उपकरण जैसे कैलकुलेटरों, घड़ियों, रेडियो सैट आदि को ऊर्जा देने के लिए कई सालों से उपयोग में लाई जा रही हैं। पिछले कुछ सालों में सौर बैटरी पर चलने वाली कार तथा छोटे वायुयान भी बनाये गये हैं। विदेशों में तेज गति वाली सड़कों पर टेलीफोन तथा सूचना पटलों के लिए भी सौर बैटरियों का उपयोग बड़ी मात्रा में किया जा रहा है। बड़े-बड़े केन्द्रों में सौर बैटरियों से उत्पन्न विद्युत ऊर्जा को विद्युत ग्रिड में भी दिया जा सकता है ताकि आवश्यकता अधिक

चित्र 4.17 : सौर बैटरियों का रेलवे क्रॉसिंग के लिए उपयोग

होने के समय पर विद्युत की कमी को पूरा किया जा सके। सौर बैटरियाँ पिछले कई दशकों से अन्तरिक्ष यानों एवं कृत्रिम उपग्रहों को सभी प्रकार के कामों के लिए ऊर्जा प्रदान कर रहीं हैं। वास्तव में अन्तरिक्ष में सौर ऊर्जा ही एक मात्र ऊर्जा का स्रोत है। इसलिए सभी कृत्रिम उपग्रह अपनी ऊर्जा की आवश्यकता के लिए मुख्य रूप से सौर बैटरियों पर ही निर्भर रहते हैं। चित्र 4.18 में एक संचार उपग्रह को उसकी सौर बैटरियों के साथ दर्शाया गया है।

चित्र **4.18** : संचार उपग्रह में लगी सौर बैटरियाँ

सौर शक्ति उपग्रह

कुछ साल पहले एक अमरीकी वैज्ञानिक ग्लेजर ने अंतरिक्ष में सौर प्रकाश वोल्टीय प्रणाली पर आधारित विद्युत केन्द्र स्थापित कर वहाँ से माइक्रोवेव की सहायता से ऊर्जा को पृथ्वी पर भेजने की कल्पना की थी। यह केन्द्र एक भूकेन्द्रीय (geo-centric) उपग्रह होगा जिसमें कई वर्ग किलोमीटर क्षेत्रफल की प्रकाशवोल्टीय बैटरियाँ लगी होंगी जो सौर ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलेंगी। इस विद्युत ऊर्जा को माइक्रोवेव के द्वारा पृथ्वी पर भेजा जायेगा जहाँ इन माइक्रोवेव की ऊर्जा को फिर से विद्युत में बदला

चित्र 4.19 : सौर शक्ति उपग्रह

जायेगा (देखें चित्र 4.19)। ग्लेजर के विचार में इससे संसार में ऊर्जा संकट का समाधान हो सकता है क्योंकि इस प्रकार सौर ऊर्जा से चौबीसों घण्टे विद्युत शक्ति मिलती रहेगी।

सौर ऊर्जा पर कुछ उपयोगी पुस्तकें

1. H.P. Garg & J. Prakash; Solar Energy Fundamentals and Applications, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1997.
2. H.P. Garg; Treatise on Solar Energy, John Wiley & Sons, England 1982.
3. H.P. Garg; Advances in Solar Energy Technology, Vols. I, II and III, D.Reidel Publishing Company, Holland, 1987.
4. H.P. Garg; S.C. Mullick and A.K. Bhargava, Solar Thermal Energy Storage, D. Reidel Publishing Company, Holland, 1985.
5. J.A. Duffie, and W.A. Beckman; Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons. Inc., New York, 1991.
6. S.P. Sukhatme; Solar Energy, Tata McGraw-Hill Publishing co. Ltd., New Delhi, 1990.
7. G.N. Tiwari and Sangeeta Suneja; Solar Thermal Engineering Systems, Narosa Publishing House, New Delhi, 1997.
8. Tapan Bhattacharya; Switch on the Sun, Publications & Information Directorate (CSIR), New Delhi; 1995.
9. बांके बिहारी श्रीवास्तव; अपारम्परिक ताप ऊर्जा स्रोत एवं ग्रामोत्थान, श्रुति सौभाग्य प्रकाशन, वाराणसी, 1993।
10. जी०डी० सूथा; सौर शक्ति तथा ऊर्जा, मैट्रिक्स इन्फोरमेशन पब्लिशर्स, नई दिल्ली, 1991।